

В. А. ВАСИЛЬЕВ

ЗАРУБЕЖНЫЕ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Выпуск 828

В. А. ВАСИЛЬЕВ

ЗАРУБЕЖНЫЕ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ КОНСТРУКЦИИ



МОСКВА «ЭНЕРГИЯ» 1977

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава первая. **Усилители низкой частоты**	4
1. Универсальные усилители	4
2. Ультралинейные и сверхмощные усилители НЧ	8
3. Регулирующие и корректирующие каскады усилителей НЧ	15
4. Стереофонические усилители	21
Глава вторая. **Электроакустические установки**	25
5. Акустическое оформление динамических головок	25
6. Многополосные акустические системы	31
7. Новое в электроакустике — забытое старое	35
8. «Громкая» и «тихая» электроакустика	42
Глава третья. **Электромузыкальные и цветоакустические установки**	46
9. Электронное «вооружение» эстрады	46
10. Новые возможности электрогитары	48
11. Простые электромузыкальные инструменты	54
12. Цветоакустические установки	60
Глава четвертая. **Радиоприемные устройства**	64
13. Антенные усилители	64
14. Коротковолновые преселекторы	67
15. Преобразователи частоты и гетеродины	71
16. Улучшение работы простых транзисторных приемников	77
Глава пятая. **Средства автоматики и сигнализации**	80
17. Автоматика и сигнализация для наземных транспортных средств	80
18. Электроника на борту парусных и моторных спортивных судов	87
19. Электроника в мире животных	93
20. Бытовая автоматика и сигнализация	95
Глава шестая. **Измерительные приборы**	101
21. Генераторы низкой частоты	101
22. Генераторы промежуточной и высокой частоты	103
23. Вольтметры постоянного и переменного тока	109
24. Измерители сопротивления, емкости и частоты	113
Приложение Основные системы условных обозначений зарубежных полупроводниковых приборов	117
Список литературы	118

6Ф2.1
В 19
УДК 621.396.6(—87)

Васильев В. А.

В 19 Зарубежные радиолюбительские конструкции. М., «Энергия», 1977.

120 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 828).

В книге описываются принципиальные схемы, устройство, изготовление из отечественных деталей и налаживание радиолюбительских конструкций различного назначения по данным, опубликованным на страницах книг и журналов, издаваемых для радиолюбителей в 20 странах мира.

Книга рассчитана на широкий круг радиолюбителей.

В $\frac{30404\text{-}081}{051(01)\text{-}77}$ 167-76 6Ф2.1

ПРЕДИСЛОВИЕ

В основу книги положены описания около 100 радиолюбительских конструкций, опубликованных в 1967—1973 гг. на страиицах 60 радиолюбительских журналов, киит и брошюр 20 стран мира, в том числе Австрии, Австралии. Аргеитины, Болгарии, Бразилии, Великобритании, Венгрии, ГДР, Голландии, Дании, Италии, Каиады, Польши, Румынии, США, Франции, ФРГ, Чехословакии, Югославии и Японии.

При отборе схем и конструкций автор учитывал иовизну, оригинальность и простоту, а также возможность их повтореиия при использоваиии доступных деталей и узлов отечественного производства.

Главное внимание уделено конкретным практическим рекомендациям по изготовлению и налаживанию конструкций.

Отзывы о киите просим посылать по адресу: 113114, Москва М-114, Шлюзовая иабережиая, 10, издательство «Энергия», Массовая радиобиблиотека.

Автор

Глава первая

УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

1. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ УСИЛИТЕЛИ

Универсальными принято называть усилители низкой частоты, предназначенные для усиления сигнала, поступающего от различных источников, например звукоснимателя, микрофона, линии радиотрансляции и т. п. За рубежом опубликовано большое число схем универсальных усилителей НЧ с максимальной выходной мощностью от десятых долей ватта до нескольких сотен ватт. Анализ этих схем показал, что в большинстве случаев помещенные в отечественной литературе, например на страницах журнала «Радио», описания усилителей НЧ средней и большой мощности (2—20 Вт) не уступают по своим качественным характеристикам зарубежным конструкциям.

С точки зрения широкого круга радиолюбителей наибольший интерес представляют относительно простые универсальные усилители НЧ с выходной мощностью около 1 Вт. Такие усилители находят применение в различных портативных приемниках, электрофонах, магнитофонах и мегафонах. В этом параграфе приводятся описания трех универсальных усилителей НЧ, популярных среди радиолюбителей Польши, ГДР и ФРГ.

Простой усилитель электрофона. Этот усилитель был описан в польском радиожурнале. Он выполнен на четырех транзисторах с непосредственной связью между ними (рис. 1). При напряжении питания 9 В усилитель развивает максимальную выходную мощность 750 мВт. Номинальная мощность примерно вдвое меньше. В результате применения динамической головки с повышенным коэффициентом полезного действия электрофон, в котором применен этот усилитель, обеспечивает прослушивание грампластинок с достаточной для жилой комнаты громкостью.

Усилитель снабжен плавным регулятором громкости (резистор R_3) и регулятором тембра (резистор R_1). Благодаря применению в первом каскаде НЧ современного высокочастотного малошумящего кремниевого транзистора типа BC109B, имеющего $B_{ст}=150$ и более, и отрицательной обратной связи (цепочка C_4R_6) удалось получить высокое входное сопротивление первого каскада. Поэтому оказалось возможным применить в качестве R_1 и R_3 широко распространенные переменные резисторы с большим сопротивлением (0,5—1,0 МОм). Для повышения температурной стабильности оконечного каскада на транзисторах T_3 и T_4 резистор R_9, установленный в цепи их баз, зашунтирован терморезистором R_{12}.

Налаживание усилителя несложно. Оно сводится к подбору такого номинала резистора R_4, при котором на эмиттерах транзисторов T_1, T_3 и T_4 относительно общего провода установятся постоянные напряжения, указанные на рис. 1.

Описанный усилитель может быть выполнен на отечественных деталях. Транзистор T_1 можно применить типа КТ315Г или КТ312Б с $B_{ст}=150\div200$. Транзистор T_2 должен быть кремниевым с проводимостью типа *p-n-p* (МП115 или МП116), а транзисторы оконечного каскада — германиевыми средней мощности. Для него лучше всего подходят транзисторы типов ГТ402Б (T_3) и ГТ404Б (T_4) с одинаковыми значениями $B_{ст}=80\div200$. В качестве $Гр_1$ лучше всего

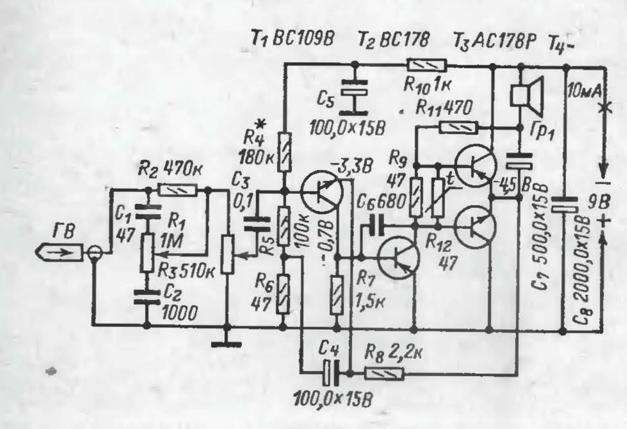


Рис. 1.

применить отечественные динамические головки с повышенной отдачей, имеющие сопротивление звуковой катушки 4—8 Ом, например 1ГД-4А, 1ГД-4Б, 1ГД-40, 4ГД-8Е, 4ГД-4. Для увеличения выходной мощности и расширения полосы воспроизводимых частот в сторону низших целесообразно увеличить емкость конденсатора C_7 до 1000—2000 мкФ. Переменный резистор R_1 должен быть группы *А*, а R_3 — группы *В*. Транзистор T_4 типа AC179P.

Описанный усилитель можно питать от стабилизированного выпрямителя, рассчитанного на напряжение 9 В и ток до 500 мА, или от батареи из шести гальванических элементов типа 373. Ток покоя усилителя составляет около 10 мА, а максимальный потребляемый ток — 180 мА.

Универсальный усилитель на 1,5 Вт. На рис. 2 приведена принципиальная схема усилителя НЧ с максимальной выходной мощностью 1,5 Вт, опубликованного в одном из журналов для радиолюбителей ГДР. Усилитель собран на четырех транзисторах. Его особенность состоит в наличии четырех входов, благодаря чему к нему можно подключать источники сигнала с различными входными сопротивлениями и напряжениями Полоса усиливаемых частот простирается от 30 Гц до 15 кГц. Усилитель питается от гальванической батареи напряжением 9 В и емкостью не менее 3 А·ч.

Как видно из принципиальной схемы, показанной на рис. 2, усилитель содержит два предварительных каскада на транзисторах T_1, T_2 и двухтактный выходной каскад на транзисторах T_3, T_4. Вход-

ное напряжение на базу транзистора T_1 подается через какой-либо из четырех разъемов $Ш_1$—$Ш_4$. Три разъема ($Ш_1$—$Ш_3$) унифицированные.

Выходной каскад на транзисторах T_3 и T_4 собран по трансформаторной схеме. Инвертирование фазы сигнала, необходимое для правильной работы двухтактного каскада, происходит во вторичной обмотке трансформатора $Тр_1$, намотанной с отводом от середины. Вторичная обмотка выходного трансформатора $Тр_2$ нагружена на динамическую головку с сопротивлением звуковой катушки 4 Ом и

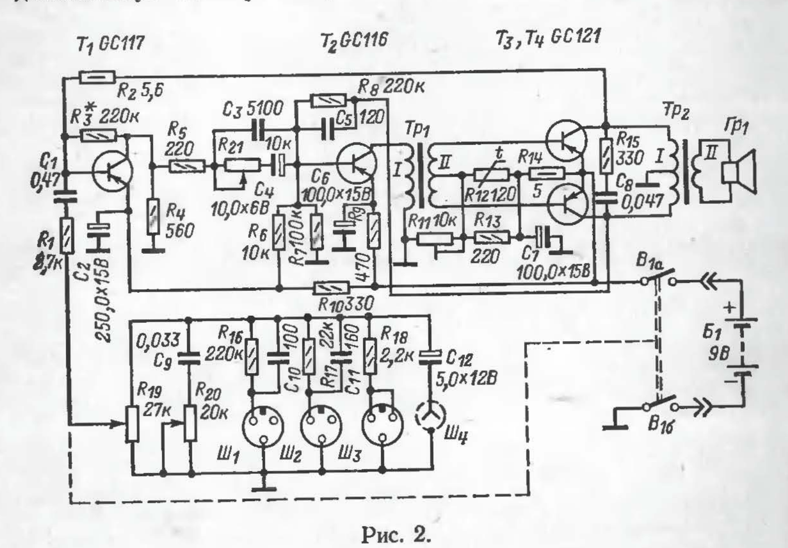


Рис. 2.

номинальной мощностью 2 Вт или более. Использование двухтактного каскада с трансформаторными входом и выходом позволяет наиболее полно реализовать усилительные возможности небольшого числа транзисторов и получить относительно большую мощность, подводимую к динамической головке. Кроме того, наличие нескольких цепей отрицательных обратных связей, охватывающих как отдельные каскады, так и усилитель в целом, способствует улучшению качества звучания.

Вход усилителя с разъемом $Ш_1$ предназначен для подключения пьезоэлектрического звукоснимателя, с разъемом $Ш_2$ — электромагнитного звукоснимателя или воспроизводящей головки магнитофона, а с разъемом $Ш_3$ — динамического микрофона. Ко входу с разъемом $Ш_4$ можно присоединять низкоомные выходы транзисторных каскадов. Кроме того, этот вход служит для различных экспериментов.

Для изготовления усилителя можно использовать отечественные транзисторы типов МП39Б (T_1), МП41А (T_2), ГТ402А — ГТ402В (T_3 и T_4). Последние должны иметь близкие значения $B_{ст}$. Хорошие результаты можно получить также при установке в оконечном каскаде транзисторов П213—П214 с любыми (одинаковыми) буквенными индексами. Разъемы $Ш_1$—$Ш_3$ — типа СГ-3. Динамическая головка $Гр_1$ типа 4ГД-4, 4ГД-8Е (в крайнем случае 2ГД-19). Переменные резисторы СПЗ-4в группы *В* (R_{19}), СПЗ-4а группы *А* или *В* (R_{20} и R_{21}) и СПЗ-1а или СПЗ-1б (R_{11}). Постоянный резистор R_{14} составлен из четырех, соединенных параллельно по 20 Ом каждый (типа ВС-0,125 или МЛТ-0,25). Электролитические конденсаторы типа К50-3 или К50-6.

Трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ изготовляют по следующим данным: $Тр_1$ — сердечник УШ10×10, первичная обмотка 2000 витков провода ПЭВ-1 0,1, вторичная 2×600 витков того же провода; $Тр_2$ — сердечник УШ10×15, первичная обмотка 2×300 витков провода ПЭВ-1 0,3, вторичная обмотка 85 витков ПЭВ-1 0,5. Можно использовать согласующий и выходной трансформаторы приемников «Спидола», ВЭФ-201 или других без каких-либо переделок. Однако при этом выходная мощность усилителя уменьшится до 400—500 мВт, а полоса усиливаемых частот будет уже: от 100 до 8000 Гц.

Налаживание усилителя сводится к подбору такого сопротивления резистора R_{11}, при котором ток покоя усилителя в отсутствие сигнала на входе равен 8—10 мА. Максимальный потребляемый ток может достигать 240 мА. В случае возникновения самовозбуждения, проявляющегося в непрерывном гудении динамической головки и повышенном потреблении тока, необходимо поменять местами концы первичной обмотки трансформатора $Тр_1$.

Усилитель НЧ на 1,2 Вт. В различных конструкциях радиолюбителей Западной Европы широко применяется относительно простой трехкаскадный усилитель НЧ. Принципиальная схема одного из вариантов такого усилителя показана на рис. 3.

Усилитель содержит четыре транзистора и небольшое число конденсаторов и резисторов. Он выполнен по бестрансформаторной схеме. При напряжении питания 9 В этот усилитель на частоте 1 кГц отдает максимальную выходную мощность 1,2 Вт при коэффициенте гармоник 10%. При этом полоса пропускаемых частот с ослаблением до 3 дБ на ее краях составляет от 70 Гц до 8 кГц. При выходной мощности 1 Вт усилитель имеет коэффициент гармоник 6,5% на частоте 100 Гц, 4% на частоте 1 кГц и 4,6% на частоте 8 кГц. Для получения выходной мощности 1 Вт входное напряжение должно быть равно 22 мВ, а 50 мВт — всего 4 мВ. Оптимальное сопротивление нагрузки звуковой катушки динамической головки 8 Ом. Усилитель работает при максимальной температуре окружающего воздуха 45° С.

Относительно высокие электрические и эксплуатационные характеристики усилителя получены в результате применения современных транзисторов и непосредственной связи между ними. Отрицательная обратная связь по напряжению, охватывающая усилитель и осуществляемая посредством соединения эмиттера транзистора T_1 с эмиттерами транзисторов T_3 и T_4 через цепочку $R_5C_4R_6$, не только стабилизирует режим работы всех транзисторов по постоянному току, но и способствует уменьшению искажения сигнала.

Многочисленные эксперименты, проведенные автором с таким усилителем, показали, что наилучшие результаты получаются при использовании отечественных транзисторов типов ГТ402Б (T_2 и T_3) и ГТ404Б (T_1 и T_4). При этом указанные выше значения коэффициента гармоник будут достигнуты, когда значения $B_{ст}$ транзисторов T_3 и T_4 различаются между собой не более чем на ±10%. Так как разброс параметров транзисторов различных типов может быть бо-

лее указанной величины, их следует так разместить по каскадам, чтобы в оконечном оказались транзисторы с наиболее близкими значениями $B_{ст}$.

Налаживание усилителя сводится к установке постоянного напряжения на эмиттерах транзисторов T_3 и T_4, равного половине напряжения питания (для чего необходимо подобрать номинал резистора R_2), и тока покоя усилителя в пределах 8—12 мА резистором R_{10}. Расширение низшей границы полосы пропускания до 40—

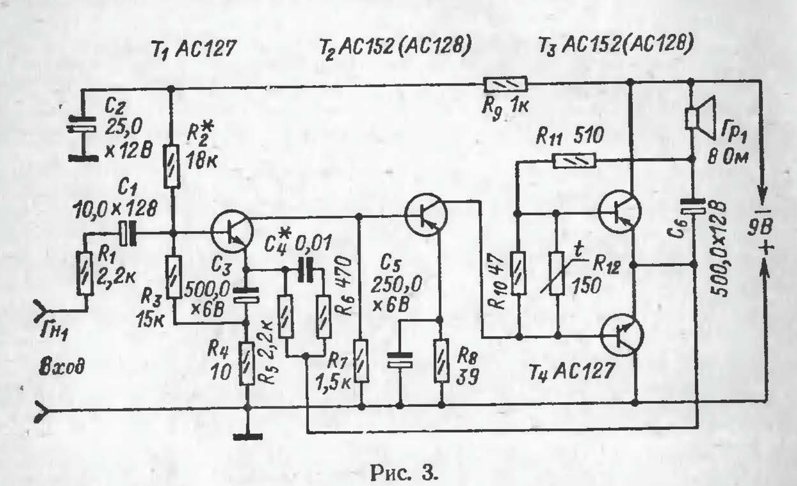


Рис. 3.

50 Гц возможно путем увеличения емкости конденсатора C_6 до 1000 мкФ, а высшей границы до 10—14 кГц — путем уменьшения емкости конденсатора C_4 до 3300—5100 пФ. При питании усилителя от гальванических элементов (шесть последовательно соединенных элементов 373) необходимо шунтировать источник питания конденсатором емкостью 500—1000 мкФ.

Длительная эксплуатация этого усилителя показала, что наилучшие результаты получаются при использовании отечественных динамических головок типов 1ГД-4А, 1ГД-4Б, 1ГД-40, 4ГД-8Е. При установке головок последнего типа необходимо соединить две последовательно, чтобы сопротивление нагрузки усилителя было равно 8 Ом.

2. УЛЬТРАЛИНЕЙНЫЕ И СВЕРХМОЩНЫЕ УСИЛИТЕЛИ НЧ

Согласно требованиям, предъявляемым к высококачественным усилителям НЧ, предназначенным для использования в бытовых условиях, они должны развивать максимальную выходную мощность до 10—20 Вт при коэффициенте гармоник в полосе частот от 30 Гц до 20 кГц не более 0,1%.

Как правило, любительские конструкции высококачественных усилителей, выполненные как на лампах, так и на транзисторах, имеют в лучшем случае коэффициент гармоник 1—2% по причине того,

что они имеют оконечные каскады, собранные по схеме двухтактного усилителя класса В или АВ. Достоинством таких каскадов является то, что они позволяют получать максимальную выходную мощность в 2—3 раза больше допустимой мощности рассеивания оконечными транзисторами. Но работа в режиме класса В или АВ сопровождается заметными искажениями сигнала. Меры борьбы с ними заключаются в применении бестрансформаторного выхода и тщательном подборе идентичных пар транзисторов оконечного каскада.

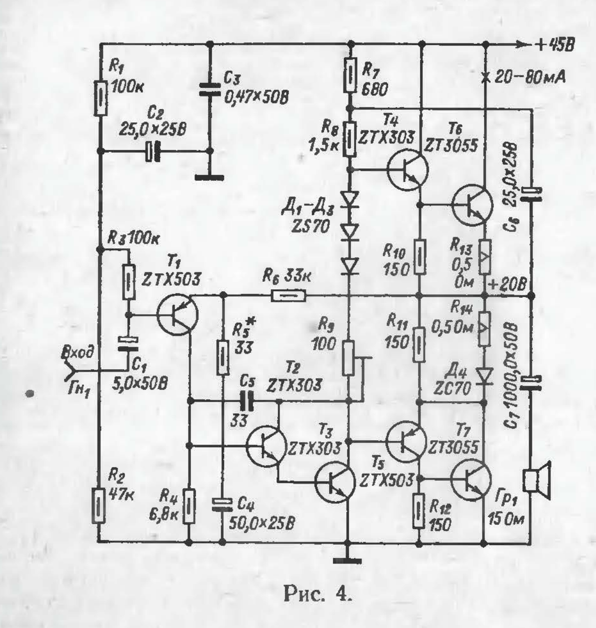


Рис. 4.

Как показывает практика, наиболее труден для любителей последний, так как для подбора нужно иметь большое число транзисторов и специальные измерительные приборы.

Вместе с повышением требований к качеству звучания в последние годы возросли также требования к максимальной выходной мощности усилителей НЧ, в особенности предназначенных для совместной работы с электромузыкальными инструментами, например электрогитарами. Как правило, современные усилители для электрогитар имеют максимальную выходную мощность, исчисляемую десятками ватт, что необходимо для озвучивания больших концертных залов, танцевальных площадок, а также для обеспечения большого динамического диапазона изменения громкости.

По причинам, указанным выше, ультралинейные и сверхмощные усилители НЧ до недавнего времени делали только высококвалифицированные радиолюбители и профессионалы. Но в настоящий момент появились относительно простые по схеме и устройству усилители, где эти трудности преодолены путем применения оригинальных решений.

Ультралинейный бестрансформаторный усилитель НЧ на 10 Вт. На рис. 4 приведена принципиальная схема усилителя НЧ на семи кремниевых транзисторах, коэффициент гармоник которого при работе с нормальной громкостью (до 4—6 Вт) уменьшен до 0,05%. При номинальной мощности 10 Вт коэффициент гармоник составляет всего 0,1%. Достижение столь высоких результатов, по мнению конструктора усилителя, стало возможным благодаря двум особенностям схемы. Во-первых, ток покоя оконечных транзисторов (T_6, T_7) увеличен с 8 до 80 мА. В результате этого оконечный каскад при малом уровне сигнала работает в режиме класса А, когда гармоники бестрансформаторного усилителя минимальны. Во-вторых, последовательно с эмиттером транзистора T_6 включен в прямом направлении дополнительный кремниевый диод $Д_4$. Установка этого диода приводит к хорошему симметрированию верхнего и нижнего по схеме плеч оконечного каскада (соответственно транзисторы T_4, T_6 и T_5, T_7). Теперь в обоих плечах между выходом усилителя и базами транзисторов T_4, T_5 включено по два кремниевых перехода, тогда как без диода $Д_4$ в одном плече будет два перехода, в другом — только один.

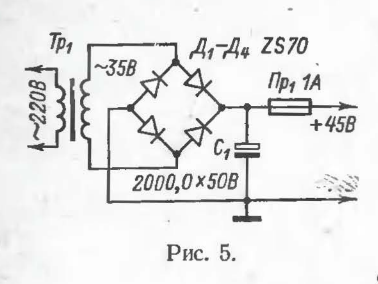


Рис. 5.

Усилитель питается от простейшего нестабилизированного выпрямителя с выходным постоянным напряжением 45 В (рис. 5). Это напряжение несколько больше того значения, которое требуется для получения максимальной выходной мощности 15 Вт, что позволяет путем понижения постоянного напряжения на эмиттере транзистора T_6 до 20 В против 22,5 В, как это принято в других усилителях, значительно снизить влияние пульсации выпрямленного напряжения. Правда, такое перераспределение напряжения питания между транзисторами T_6 (26 В) и T_7 (20 В) приводит к некоторой тепловой перегрузке транзистора T_6, но при использовании транзисторов большой мощности эта перегрузка не приводит к сокращению срока службы транзисторов, если, конечно, они снабжены эффективными теплоотводами.

При изготовлении усилителя могут быть использованы отечественные транзисторы типов МП116 (T_1), МП111 (T_2, T_3, T_4), МП114 (T_5) и КТ802 или КТ803, КТ805 с любыми, но одинаковыми буквенными индексами (T_6, T_7). Транзисторы T_2—T_4 могут быть также типов КТ601, КТ602, КТ603 или КТ605. Диоды $Д_1$—$Д_4$ типов Д808, Д242Б — Д242Г. В качестве нагрузки рекомендуется использовать четыре последовательно и синфазно соединенные динамические головки 4ГД-4 или 4ГД-28 так, чтобы их суммарное сопротивление и общая мощность находились в заданных пределах (14—16 Ом и 15—20 Вт).

Следует отметить, что данный усилитель обладает невысокой чувствительностью (около 200 мВ при 10 Вт) и не имеет органов регулировки громкости и тембра. Поэтому для использования его в любительских электроакустических установках необходимо предусмотреть дополнительные корректирующие и регулируемые каскады.

Налаживание усилителя сводится к установке на эмиттере транзистора T_6 постоянного напряжения +20 В путем подбора номинала резистора R_1 и установки тока покоя этого же транзистора в пределах 20—80 мА посредством регулировки переменного резистора R_9. Значение тока должно быть тем больше, чем значительнее разброс параметров транзисторов T_6 и T_7 между собой.

Для изготовления выпрямителя по схеме рис. 5 подойдет любой понижающий трансформатор мощностью не менее 30—40 Вт со вторичной обмоткой на напряжение 33—36 В и ток до 1 А.

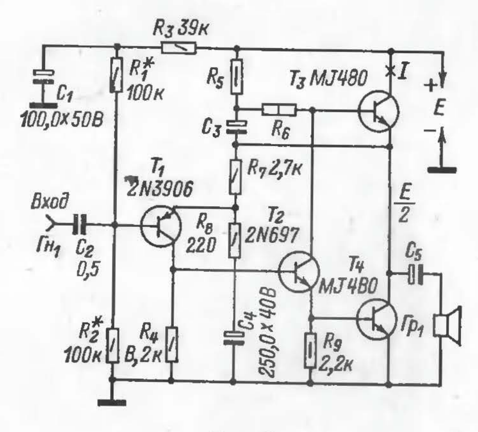


Рис. 6.

Ультралинейный усилитель НЧ класса А. Известен еще один способ снижения коэффициента гармоник усилителя до 0,05—0,1%, заключающийся в том, что оконечный каскад переводится в режим работы класса А при всех значениях входного сигнала. Недостатками такого пути уменьшения искажений являются очень низкий коэффициент полезного действия усилителя при работе с малой выходной мощностью и повышение мощности, рассеиваемой оконечными транзисторами, но при использовании современных кремниевых транзисторов большой мощности, снабженных эффективными теплоотводами, эти недостатки несущественны.

Усилители НЧ класса А имеют одно существенное преимущество перед аналогичными усилителями класса АВ или В. Это постоянство среднего значения потребляемого тока, что снижает возможность появления дополнительных гармоник при резких изменениях уровня выходной мощности во время усиления музыкальных программ. На рис. 6 приведена принципиальная схема ультралинейного усилителя НЧ на 10 Вт, работающего в режиме класса А и имеющего коэффициент гармоник 0,1% в полосе частот от 30 Гц до 20 кГц. Усилитель выполнен на четырех транзисторах. Особенность его состоит в том, что весь он охвачен 100%-ной отрицательной обратной связью по постоянному напряжению. Это позволяет обеспечить высокую стабильность работы усилителя как при смене транзисторов, так и при изменении температуры. Кроме того, режимы работы всех

Таблица 1

Сопротивление нагрузки ($R_н$), Ом	Напряжение питания (E), В	Ток коллектора T_3 (I), А	Сопротивление резистора R_5, Ом	Сопротивление резистора R_6, Ом	Емкость конденсатора C_5, мкФ	Емкость конденсатора C_6, мкФ	Входное напряжение ($U_{вх}$), В
3	18	2,0	47	180	500,0×25 В	5000,0×40 В	0,41
8	27	1,2	100	560	250,0×40 В	2500,0×40 В	0,66
16	37	0,9	200	$1,2 \cdot 10^3$	250,0×40 В	2600,0×40 В	0,90

транзисторов могут быть скорректированы в случае необходимости подбором лишь одного резистора R_1.

Другой особенностью усилителя является его способность работать с динамическими головками, имеющими различные сопротивления звуковых катушек. При этом для обеспечения минимальных искажений сигнала требуется лишь подобрать необходимое напряжение питания, потребляемый ток и емкость конденсаторов C_5, C_6.

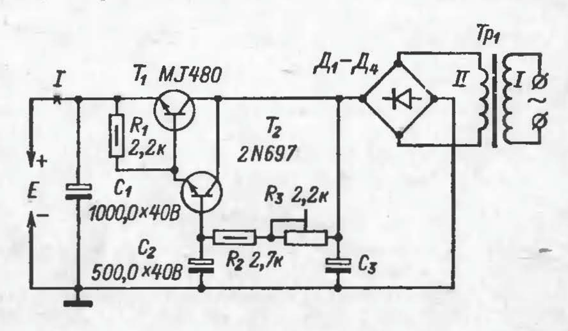


Рис. 7.

Значения указанных параметров для трех сопротивлений нагрузки приведены в табл. 1.

На рис. 7 приведена принципиальная схема стабилизированного выпрямителя, предназначенного для работы совместно с данным усилителем. В табл. 2 указаны данные выпрямителя для различных сопротивлений нагрузки (табл. 1).

Таблица 2

Сопротивление нагрузки ($R_н$), Ом	Ток нагрузки (I), А	Постоянное напряжение (E), В	Емкость конденсатора C_3, мкФ	Обмотка II
3	1,9	18	5000,0×30 В	20 В×2,0 А
8	1,25	27	2000,0×40 В	30 В×1,25 А
16	1,0	37	1000,0×50 В	40 В×1,0 А

Таблица 3

Статический коэффициент передачи $B_{ст}$		Коэффициент гармоник, %
Транзистор T_3	Транзистор T_4	
135	135	0,06
120	40	0,4
40	120	0,12
100	120	0,09
120	100	0,18
40	50	0,1

Усилитель налаживают, устанавливая путем подбора номинала резистора R_1 на общей точке транзисторов T_3 и T_4 напряжение, равное половине напряжеиия питания (±0,25 В).

Следует указать, что описанный усилитель практически нечувствителен к смене транзисторов оконечного каскада и допускает применение транзисторов без предварительного подбора их по параметрам. Подтверждением этому могут служить данные, приведенные в табл. 3, где приведены результаты измерения коэффициента гармоник усилителя при различных значениях коэффициента $B_{ст}$ транзисторов T_3 и T_4. Как видно из этой таблицы, даже при трехкратном различии $B_{ст}$ (120 и 40) коэффициент гармоник не превышает 0,4%.

При изготовлении усилителя могут быть использованы следующие детали: транзисторы T_3—T_5 типа КТ802 или КТ803, КТ805 с любыми буквенными индексами; T_1 — типа МП41А или МП20, МП21; T_3 — КТ801 или КТ802; T_2 — КТ602А или КТ801А; электролитические конденсаторы любого типа, постоянные резисторы МЛТ-0,5 и МЛТ-1, переменный резистор R_3 типа СПО или СП. Для выпрямительного моста можно использовать диоды Д242Б—Д242Г. Трансформатор $Тр_1$ должен быть рассчитан на мощность не менее 40—50 Вт. Транзисторы T_2—T_4 обязательно снабжаются эффективными теплоотводами, например пластинчатыми размерами 100×100 мм.

Описание этого усилителя впервые было опубликовано на страницах одного из английских радиожурналов. Простота и высокие характеристики усилителя привлекли внимание радиолюбителей, и вскоре на страницах того же журнала появились первые отзывы их о работе собранных конструкций. В основном полученные результаты совпадали с данными, приведенными автором конструкции, но при этом была выявлена одна неприятная особенность работы усилителя — его склонность к самовозбуждению на высоких и ультравысоких частотах. Причина этого заключается в том, что с целью расширения полосы усиливаемых частот в оконечном каскаде применены высокочастотные транзисторы. В результате реальная полоса пропускания усилителя достигала 1 МГц.

Основные меры борьбы с самовозбуждением усилителей НЧ на высоких частотах заключаются в укорочении проводников, соединяющих выход усилителя с динамическими головками, а также включение непосредственно на выходе усилителя дополнительного фильтра, гасящего колебания высокой частоты. Такой фильтр состоит из соединенных последовательно постоянного непроволочного резистора сопротивлением 8—10 Ом, мощностью 3—5 Вт и керамического кон-

денсатора емкостью 0,01 мкФ. Фильтр в описанном усилителе включают непосредственно между коллектором и эмиттером транзистора T_4. Следует отметить, что подобные меры оказываются эффективными при борьбе с самовозбуждением усилителей НЧ других типов, в которых оконечные каскады работают на высокочастотных транзисторах.

Усилитель НЧ на 50 Вт. На рис. 8 приведена принципиальная схема двухтактного выходного каскада. Присоединив его вход параллельно динамической головке усилителя НЧ мощностью 1—2 Вт,

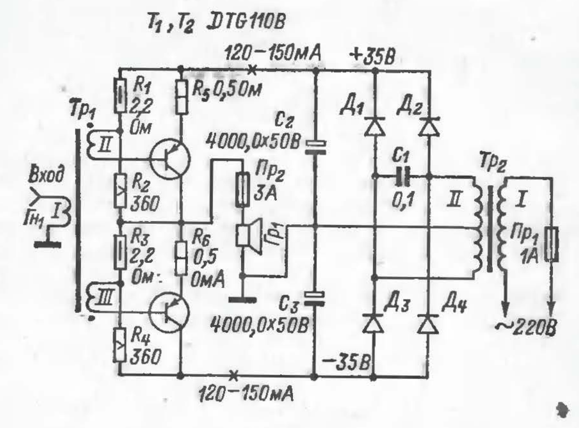


Рис. 8.

можно получить выходную мощность до 50 Вт, что позволит озвучить большую площадь.

Каскад собран по схеме с трансформаторным входом ($Тр_1$) и бестрансформаторным выходом. Он работает в экономичном режиме класса АВ на транзисторах T_1 и T_2, включенных по отношению к сигналу по схеме с общим эмиттером. Начальное смещение на базах транзисторов создается с помощью делителей напряжения на резисторах R_1R_2 и R_3R_4 и подается на базы через обмотки *II* и *III* трансформатора $Тр_1$. Относительно сигнала обе обмотки должны быть включены противофазно так, как это делают в обычных двухтактных усилителях НЧ. Начала этих обмоток обозначены на принципиальной схеме рис. 8 точкой.

Усилитель питается от мостового выпрямителя, собранного на полупроводниковых диодах $Д_1$—$Д_4$. Особенность этого выпрямителя состоит в том, что он создает на своем выходе два равных по величине и противоположных по знаку напряжения относительно корпуса усилителя (+35 и —35 В). Такая особенность позволяет значительно упростить схему и конструкцию усилителя, включив его нагрузку (динамические головки с общим сопротивлением 8 Ом и суммарной номинальной мощностью не менее 50—60 Вт) непосредственно между выходом усилителя через плавкий предохранитель $Пр_1$ и корпусом.

Для изготовления усилителя можно использовать пару транзисторов ГТ806А или ГТ806В, идентичных по усилению (разброс по $B_{ст}$ не более ±5%). Транзисторы обязательно должны быть снабжены дополнительными теплоотводами. Диоды $Д_1$—$Д_4$ типа Д242 с любым буквенным индексом. Резисторы R_2 и R_4 типа ПЭВ-2, а R_1, R_3, R_5, R_6 — проволочные, самодельные.

Трансформатор $Тр_1$ содержит три одинаковые обмотки по 120 витков провода ПЭВ-1 или ПЭВ-2 0,5—0,7 мм каждая. Они намотаны отдельно друг от друга на картонном каркасе, размещенном на центральном стержне сердечника, набранного из пластин Ш24 (толщина пакета 20—25 мм). Силовой трансформатор $Тр_2$ должен быть рассчитан на мощность не менее 120 Вт. Его вторичная обмотка должна обеспечивать выходное напряжение 52 В, иметь отвод от средней точки и допускать ток до 3 А. Для изготовления трансформатора $Тр_2$ можно использовать трансформатор от старого телевизора. Конденсаторы C_1 типа МБМ на напряжение 160 В, а C_2 и C_3 — любого типа емкостью не менее 2000 мкФ. Конденсатор C_1 необходим для гашения на входе выпрямителя резких бросков напряжения сети, которые могут вывести из строя транзисторы.

Налаживание правильно собранного из исправных деталей усилителя несложно и заключается в основном в проверке качества звучания. Если же оно неудовлетворительно, следует проверить токи коллекторов транзисторов. Они должны отличаться друг от друга не более чем на 10%. В противном случае рекомендуется подобрать новую пару транзисторов с более близкими параметрами. При этом измерение коэффициентов $B_{ст}$ следует проводить при токе коллектора 1 А и напряжении между коллектором и эмиттером 4—5 В. Менять резисторы не рекомендуется, так как это приведет лишь к снижению максимальной выходной мощности.

В случае необходимости в усилителе можно применить более доступные транзисторы типов П215, П217В, П217Г, уменьшив выходное напряжение силового трансформатора до 42 В. Максимальная выходная мощность при этом уменьшится до 30 Вт.

3. РЕГУЛИРУЮЩИЕ И КОРРЕКТИРУЮЩИЕ КАСКАДЫ УСИЛИТЕЛЕЙ НЧ

Обязательной и неотъемлемой частью современных усилителей НЧ является наличие плавных и ступенчатых регулировок громкости и тембра, нередко раздельно по высшим и низшим частотам. В зарубежной радиолюбительской литературе опубликовано большое число схем каскадов транзисторных усилителей, предназначенных для регулировки параметров и коррекции входных и выходных характеристик основного усилителя НЧ. Многие из этих схем хорошо известны советским радиолюбителям, другие — в меньшей степени. В этом параграфе описано несколько схем каскадов предварительного усиления, позволяющих расширить пределы плавной регулировки громкости, осуществить автоматическую регулировку усиления, а также суммирование нескольких сигналов либо получить несколько выходов от одного усилителя.

Предварительный регулируемый усилитель НЧ. На рис. 9 приведена принципиальная схема предварительного усилителя НЧ, собранного на четырех кремниевых транзисторах и обладающего относительно высоким входным сопротивлением (100 кОм) и эффективной регулировкой тембра раздельно на высших R_{13} и низших R_{10} частотах. Глубина регулировок достигает 20 дБ.

Особенность усилителя — наличие двух плавных регуляторов громкости (R_1 и R_8). Первый из них (R_1) используется для установки такого уровня сигнала, при котором исключается возможность работы последующих каскадов с искажениями, а второй (R_8) для регулировки громкости непосредственно в процессе прослушивания программы. Такая двухступенчатая регулировка громкости звучания позволяет сравнительно просто приспособить усилитель практически к любому источнику сигнала и осуществлять плавную регулировку громкости в пределах 60—80 дБ. Для сравнения укажем, что обычный регулятор громкости, применяемый в любительских усилителях, может обеспечить глубину регулировки лишь 30—40 дБ.

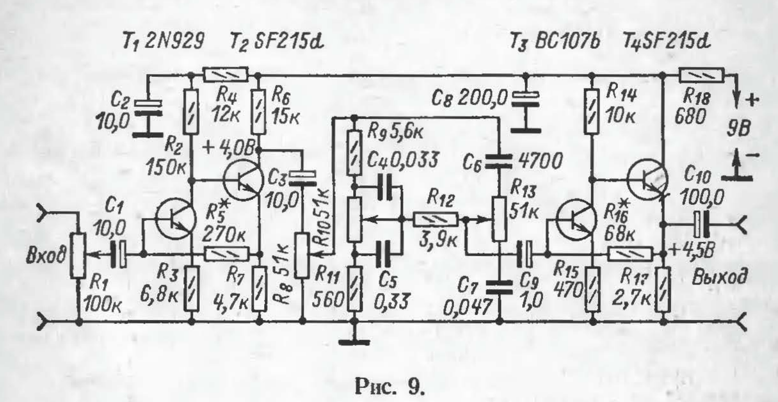


Рис. 9.

Усилитель по схеме рис. 9 описан в одном из радиолюбительских журналов ГДР и рассчитан на применение в нем транзисторов производства США или ГДР, но он может быть также собран на транзисторах советского производства типов КТ312Б, КТ312В или КТ315 с любыми буквенными индексами. Рекомендуемые режимы работы транзисторов по постоянному току устанавливают, подбирая резисторы R_5 (для транзисторов T_1, T_2) и R_{16} (для транзисторов T_3, T_4). Все переменные резисторы могут быть группы В или А. Электролитические конденсаторы должны быть на рабочее напряжение 10—12 В или выше.

Регулируемый усилитель НЧ с высоким входным сопротивлением. Одной из характерных особенностей подавляющего числа любительских транзисторных усилителей НЧ является относительно низкое входное сопротивление (5—10 кОм). В то же время для нормальной работы со звукоснимателями и универсальными магнитофонными головками входное сопротивление усилителя должно составлять от 100 кОм до 1 МОм. Такое высокое входное сопротивление можно получить, применив в первом каскаде усилителя полевой транзистор.

На рис. 10 приведена принципиальная схема предварительного регулируемого усилителя НЧ с полевым транзистором в первом каскаде, описанного в журнале для французских радиолюбителей. Входное сопротивление усилителя не менее 2 МОм, полоса пропускаемых частот от 20 Гц до 15 кГц, глубина плавной регулировки

тембра низших (резистор R_8) и высших (резистор R_{10}) частот до 15 дБ. Режимы работы транзисторов регулируются путем подбора номиналов резисторов R_4 (для транзистора T_1) и R_{13} (для транзистора T_2).

В усилителе приняты дополнительные меры борьбы с самовозбуждением из-за обратной связи через цепи питания. С этой целью напряжение питания на сток транзистора T_1 подается через развязывающий фильтр R_6C_2, а напряжение смещения на базу транзистора T_2 — через фильтр $R_{13}R_{12}C_{10}$. Особенностью усилителя можно считать включение плавного регулятора громкости не на входе усилителя, а на выходе его второго каскада. Это позволяет уменьшить

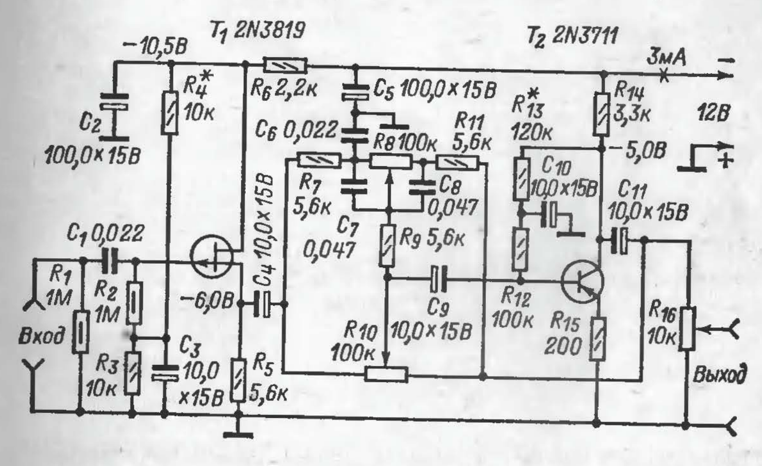


Рис. 10.

паразитные наводки на входную цепь и уменьшить уровень внутреннего шума.

Усилитель может быть собран на отечественных транзисторах типов КП103Е (T_1) и МП39Б (T_2).

Микрофонный усилитель с АРУ. С помощью микрофонного усилителя, схема которого показана на рис. 11, можно поддерживать постоянный уровень выходного сигнала при изменении в значительных пределах громкости голоса лица, выступающего перед микрофоном. Такой усилитель может оказаться полезным при передаче выступлений ораторов, докладчиков, а также при ведении диктофонных записей. Описание усилителя было помещено на страницах одного из американских журналов. Практически неизменный уровень выходного сигнала как при громком разговоре вблизи микрофона, так и при дальнем тихом разговоре поддерживается с помощью автоматической регулировки усиления (АРУ).

Усилитель состоит из двух каскадов, транзисторы которых включены по схеме с общим эмиттером. Использование в данном случае кремниевых транзисторов с коэффициентом $B_{ст} = 140 \div 300$ позволяет даже при наличии глубоких отрицательных обратных связей по току и напряжению, введенных с целью стабилизации параметров

усилителя, получить усиление по напряжению с большим запасом, который необходим, с одной стороны, для усиления самых слабых сигналов, а с другой — для обеспечения надежной работы АРУ при изменении выходного напряжения микрофона в широких пределах. С этой же целью напряжение питания выбрано достаточно высоким (24 В).

Перечисленные выше меры позволяют применить простую и эффективную АРУ, состоящую из управляемого делителя выходного напряжения, включающего в себя резистор R_{10} и диод $Д_2$, а также

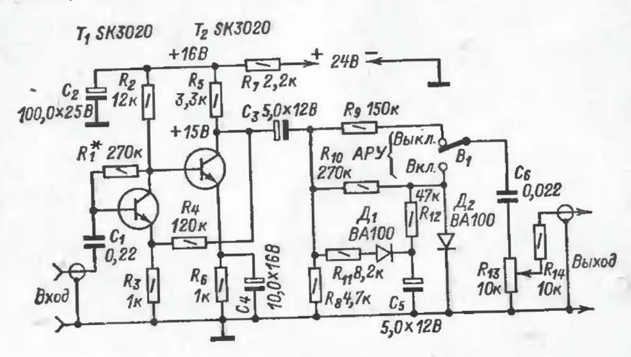


Рис. 11.

выпрямителя, в который входят резистор R_{11}, диод $Д_1$ и развязывающий фильтр нижних частот $R_{12}C_5$. АРУ действует следующим образом. Выходное напряжение усиленного сигнала снимается с коллектора транзистора T_2 и через переходный конденсатор C_3 поступает на резистор R_8, откуда через резистор R_{11} подается на диод $Д_1$, где выпрямляется и далее фильтруется конденсатором C_5. Постоянная составляющая выпрямленного и сглаженного сигнала через резистор R_{12} поступает на анод диода $Д_2$. Чем больше напряжение сигнала на выходе усилителя (коллекторе транзистора T_2), тем больше напряжение смещения на диоде $Д_2$ и, следовательно, тем меньше его сопротивление. Последнее означает, что коэффициент передачи делителя напряжения $R_{10}Д_2$ уменьшается по мере увеличения сигнала, что в конечном счете приводит к стабилизации выходного уровня напряжения при изменении входного напряжения сигнала в больших пределах.

В случае необходимости усилитель может работать и без АРУ, для чего имеется переключатель рода работ B_1. При этом вход регулятора громкости (переменный резистор R_{13}) будет подключен к резистору R_8 через переходный конденсатор C_6 и дополнительный ограничительный резистор R_9.

В описанном микрофонном усилителе могут быть использованы транзисторы КТ315Г и диоды Д220. Коррекция режимов работы транзисторов по постоянному току может быть осуществлена путем подбора номинала резистора R_1.

Микшерные и разветвляющие каскады. Микшерными каскадами принято называть устройства, осуществляющие независимое сложение сигналов от нескольких источников на общем выходе. Разветвляющими в свою очередь называются каскады, у которых один и тот же сигнал поступает на несколько независимых друг от друга выходов. На рис. 12 приведены принципиальные схемы простейших микшерных каскадов на два входа, выполненных на биполярных (*а*) и полевых (*б*) транзисторах. Такие микшерные каскады могут быть применены при записи магнитофильма, сопровождающего демонстрацию диапозитивов. При этом к одному входу подключается микрофон, а ко второму — выход электрофона, создающего музыкальный фон для дикторского текста.

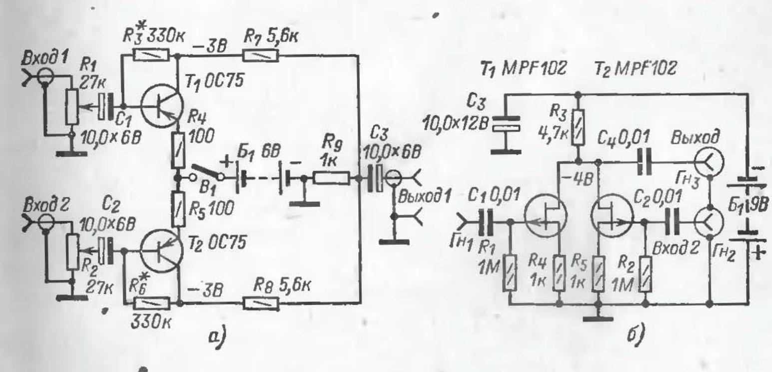


Рис. 12.

Микшер, изображенный на рис. 12, *а*, имеет два регулируемых входа, соединенных с базами транзисторов через конденсаторы C_1 и C_2. Транзисторы T_1 и T_2 включены по схеме с общим эмиттером. Каждый из двух усилительных каскадов охвачен отрицательными обратными связями как по току, так и по напряжению, благодаря чему достигнута необходимая стабильность работы устройства как при смене транзисторов, так и при колебаниях температуры. Оба сигнала суммируются на резисторе R_9, который соединен с коллекторами обоих транзисторов через разделительные резисторы R_7 и R_8. Сделано это с целью уменьшения взаимного влияния каналов друг на друга по причине воздействия внутренних обратных связей транзисторов. В качестве источника питания используется гальваническая батарея $Б_1$ на 6 В.

В микшерном каскаде по схеме рис. 12, *а* могут быть использованы транзисторы типа МП41А или ГТ108Б — ГТ108Г. Последние предпочтительнее. Коррекция режимов работы транзисторов по постоянному току производится путем подбора номиналов резисторов R_3 (для транзистора T_1) и R_6 (для транзистора T_2).

На рис. 12, *б* приведена принципиальная схема микшерного каскада, предназначенного для использования в высококачественных усилителях НЧ. Его основные достоинства — высокая линейность амплитудной характеристики и большое входное сопротивление по каждому каналу (1 МОм). Эти достоинства обусловлены применением полевых транзисторов и наличием в цепях их истоков дополнительных резисторов R_4 и R_5, создающих местные отрицательные обратные связи по току. В этом микшере могут быть использованы

транзисторы типа КП102Е или КП103Е — КП103И. Для дальнейшего улучшения качества его работы, например, с целью расширения динамического диапазона изменения уровня сигнала рекомендуется уменьшить сопротивление суммирующего резистора R_2 или повысить напряжение питания до 15—20 В. Описание этого микшерного каскада было опубликовано на страницах американского радиолюбительского журнала.

Разветвляющий каскад с тремя выходами. На рис. 13 приведена принципиальная схема разветвляющего каскада, предназначенного для независимого подключения до трех потребителей к одному

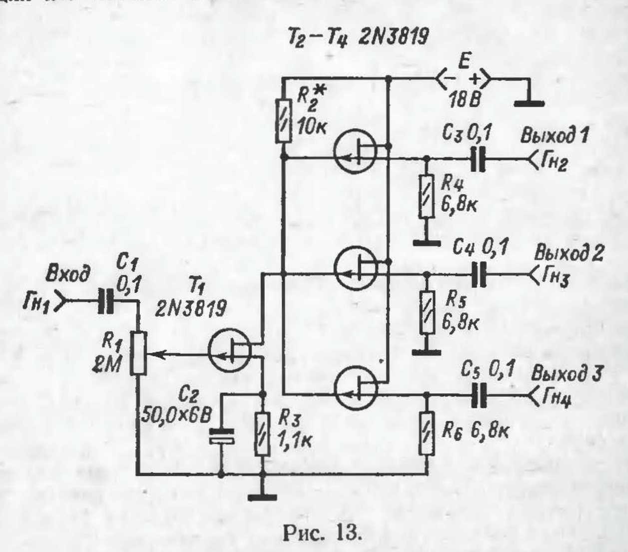


Рис. 13.

источнику сигнала. Каскад обеспечивает дополнительное усиление по напряжению в 2,5—3 раза. Полоса пропускаемых им частот — от 12 Гц до 100 кГц при неравномерности ±1 дБ. В каскаде применены полевой транзистор T_1, включенный по схеме с общим истоком, и три истоковых повторителя на транзисторах T_2—T_4, у которых затворы соединены вместе и подключены к стоку транзистора T_1, а истоковые нагрузки (резисторы R_4—R_6) разделены. Плавная регулировка выходного уровня одновременно на всех трех выходах осуществляется переменным резистором R_1.

Применение полевых транзисторов позволяет получить в этом каскаде высокоомный вход ($R_{вх}$=2 МОм) и очень малый уровень внутреннего шума, а самое главное, сделать выходы каскада практически независимыми друг от друга.

В каскаде можно применить полевые транзисторы типов КП102Е — КП102Л или КП103Е — КП103К. В случае необходимости коэффициент усиления каскада может быть понижен до единицы путем отключения конденсатора C_2 или уменьшения сопротивления резистора R_2 до 3,3 кОм. Во избежание действия паразитных наводок каскад желательно питать от батарей или дополнительного маломощного стабилизатора напряжения, а его печатную плату разместить в металлическом корпусе с внешними размерами 75×100×125 мм.

4. СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ

Стереофонические усилители предназначены для многоканального усиления электрических сигналов с целью создания эффекта объемного воспроизведения звука. В настоящее время наибольшее распространение получили двухканальные стереофонические усилители, работающие на две разнесенные на расстояние 1,5—2,5 м друг от друга акустические системы. Основными требованиями к высококачественным стереофоническим усилителям являются идентичность характеристик обоих каналов и одинаковое изменение их при плавной или ступенчатой регулировке громкости и тембра. Для достижения первого условия в стереофонических усилителях имеется дополнительный орган управления, так называемый «регулятор стереобаланса».

В зарубежной литературе можно найти большое число описаний стереофонических усилителей различной степени сложности, от простейших с выходной мощностью 0,5 Вт до «электронных громовержцев», развивающих выходную мощность до 200—400 Вт по каждому каналу.

Здесь необходимо отметить следующее. Изготовление маломощных стереофонических усилителей нецелесообразно, так как для проявления заметного стереоэффекта выходная мощность должна быть не менее 2—3 Вт по каждому каналу. Применение в любительских условиях усилителей с выходной мощностью более 30 Вт маловероятно. В отечественной радиолюбительской литературе уже было описано большое число стереофонических усилителей с выходной мощностью 10—20 Вт. Поэтому с точки зрения практической пользы целесообразно рассмотреть только наиболее интересные схемные решения стереоусилителей с мощностью каждого канала около 5 Вт и разобрать устройство дополнительных приспособлений, расширяющих возможности стереофонических усилителей.

Простой стереофонический усилитель с выходной мощностью каждого канала 4 Вт. Считается, что изготовление и налаживание стереофонических усилителей под силу лишь радиолюбителям высокой квалификации. На рис. 14 приведена принципиальная схема одного канала стереофонического усилителя (схема второго канала совершенно одинакова), рассчитанного для повторения радиолюбителями средней квалификации. Несмотря на свою относительную простоту (в каждом из двух идентичных каналов применены шесть доступных германиевых транзисторов и один диод), этот усилитель имеет вполне приемлемую по современным требованиям максимальную выходную мощность (4 Вт) и широкую полосу пропускания (от 20 Гц до 20 кГц), глубокую регулировку тембра, раздельную на высших и низших частотах (от +7 до —12 дБ на частоте 40 Гц и от +8 до —11 дБ на частоте 10 кГц). Универсальность применения усилителя обеспечивается наличием трех входных гнезд (*Гн*1—*Гн*3) для раздельного подключения к ним пьезоэлектрического звукоснимателя (*Зв*) или микрофона (*М*) либо выхода УКВ ЧМ приемника. Входное сопротивление усилителя с указанных выше гнезд для каждого из каналов равно соответственно 100, 5,5 и 300 кОм. Чувствительность с микрофонного входа 6—10 мВ.

Усилитель имеет входной согласующий каскад на транзисторе T_1, снабженный регуляторами тембра ВЧ (резистор R_{13}) и НЧ (резистор R_{11}), регулятор громкости (резистор R_{16}) и общий для обоих каналов регулятор стереобаланса (резистор R_{15}). Балансировка каналов обеспечивается изменением сопротивления переменного резистора R_{15}, шунтирующего вход регулятора громкости каждого канала.

В основном сигнал усиливается предварительным (транзистор T_2) и оконечным (транзисторы T_3—T_6) каскадами, выполненными

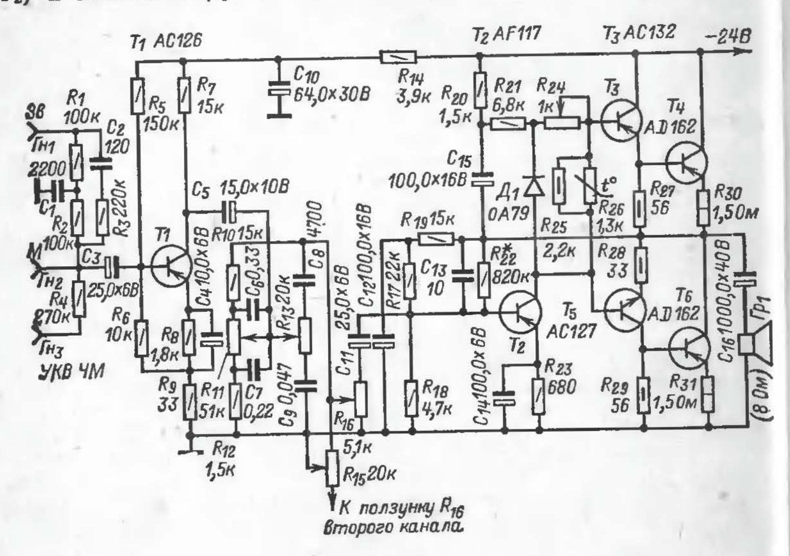


Рис. 14.

по известной схеме на транзисторах различной структуры, *p-n-p* и *n-p-n*.

На рис. 15 приведена принципиальная схема выпрямителя для этого усилителя. Особенность выпрямителя — наличие двух мостовых двухполупериодных выпрямителей, нагруженных одиночными фильтрующими конденсаторами C_{17} и C_{18}. При этом переменное напряжение на входы мостов подается с одной общей обмотки силового трансформатора Tp_1, а каждый из мостов питает только один канал.

По сравнению с обычными, где имеется только один мост, рассматриваемый выпрямитель имеет очень важные для любительской конструкции преимущества. Во-первых, в нем через диоды протекает вдвое меньший ток, вследствие чего в выпрямителе могут быть использованы более доступные диоды. Во-вторых, и это самое главное, практически полностью отсутствует связь между каналами через источник питания. При использовании одинарного моста для снижения до минимума взаимного влияния каналов потребовалось бы увеличить емкость фильтрующего конденсатора до 10 000 мкФ.

Для надежной работы усилителя необходимо выполнить ряд требований. Термистор R_{28} должен иметь хороший тепловой контакт с теплоотводом одного из двух оконечных транзисторов (T_4, T_6). Переменные резисторы R_{11}, R_{13}, R_{16} применяются сдвоенные, при этом R_{11} и R_{16} должны быть группы В, а R_{13} и R_{15} — группы А.

При повторении описанного усилителя, опубликованного на страницах одного из бразильских радиожурналов, могут быть использованы транзисторы типа МП20А или ГТ402А (T_1 — T_3), П213А или П214В (T_4, T_6), ГТ404А или МП37 (T_5). Диод *Д1* типа Д18 или Д20. При налаживании собранного усилителя подбирают такое сопротивление резистора R_{22}, при котором постоянное напряжение на коллекторе транзистора T_2 равно половине напряжения питания (12 В). Ток покоя транзисторов T_4, T_6 регулируется переменным резистором R_{24} и подбирается по минимуму гармоник при работе с малой громкостью.

Эксплуатация усилителя может осуществляться с акустическими колонками или системами, имеющими входное сопротивление 8 Ом. В простейшем случае в качестве нагрузки можно использовать по одной динамической головке типа 4ГД-4 в каждом канале. В выпрямителе (рис. 15) можно применить диоды Д226 с любыми буквенными индексами или Д7Б — Д7Д. При изготовлении трансформатора Tp_1 можно использовать сердечник силового трансформатора сетевого приемника с потребляемой мощностью 30—40 Вт.

Рис. 15.

Регулировка глубины стереоэффекта. Эффективность применения стереофонических усилителей по сравнению с обычными монофоническими оценивается глубиной стереоэффекта, т. е. относительным уровнем ослабления сигнала одного канала на выходе другого канала. Обычно считается, что для высококачественного воспроизведения необходимо иметь ослабление взаимного влияния каналов на 30—40 дБ. В любительских условиях обычно достигается ослабление лишь около 20 дБ.

На рис. 16 приведена принципиальная схема дополнительного устройства (показана лишь его половина, т. е. один канал) для коррекции взаимного влияния каналов стереофонического усилителя посредством введения дополнительных регулируемых перекрестных связей между обоими каналами. Суть его работы заключается в следующем. Входной сигнал канала поступает на базу транзистора T_1, включенного по схеме с разделенной нагрузкой. При этом на эмиттере и коллекторе транзистора T_1 действуют два одинаковых по величине, но противоположных по фазе напряжения. Напряжение с эмиттера транзистора T_1 через резистор R_9 подается на эмиттерный повторитель на транзисторе T_2 и далее с выхода повторителя на вход соответствующего канала стереоусилителя. Дополнительные межканальные связи обеспечиваются включением между эмиттером и коллектором транзистора T_1 последовательно соеди-

ненных конденсатора C_3 и сдвоенного переменного резистора R_7. Его ползунок через резистор R_8 и конденсатор C_4 соединен с базой транзистора T_2 другого канала. Поэтому на нее будет поступать регулируемое напряжение сигнала другого канала, но уже в противофазе тому напряжению, которое действует на входе. Подбирая сопротивление, можно либо снизить практически до нуля взаимное влияние каналов, либо усилить его.

Для изготовления описанного выше устройства можно использовать транзисторы типа КТ315Г или КТ312Б. При этом основные характеристики устройства практически не изменятся и должны

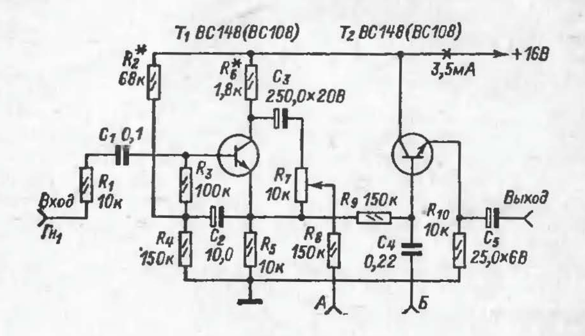


Рис. 16.

обеспечивать ослабление сигнала примерно в 2 раза в полосе частот от 20 Гц до 20 кГц, входное сопротивление не менее 0,5 МОм, выходное сопротивление 47 кОм и коэффициент гармоник не более 0,1% при выходном напряжении сигнала до 1 В.

Налаживание собранного устройства (двух каналов, собранных по схеме рис. 16) имеет ряд специфических особенностей, поэтому рекомендуется придерживаться следующей последовательности:

1. Подключить выходы правого и левого каналов устройства к одноименным входам основного стереофонического усилителя.

2. Отключить динамические головки от правого канала основного усилителя, а вместо них включить к выходу этого канала балластный резистор, сопротивление которого равно входному сопротивлению отсоединенной акустической системы.

3. Подать на вход правого канала устройства сигнал и при помощи регулятора громкости основного усилителя добиться заметного звучания динамических головок левого канала.

4. Вращая ползунок переменного резистора R_7, находящегося в устройстве, установить минимум громкости звучания левого канала. Отметить найденное положение ползунка.

5. Восстановить правый канал и выполнить в левом канале операции, описанные в пп. 2—4.

6. Регулятором громкости основного усилителя установить прежний уровень громкости правого канала.

7. Уменьшить звучание правого канала до минимума путем подбора резистора R_6 в устройстве левого канала.

8. Восстановить левый канал и приступить к эксплуатации устройства для регулирования глубины стереоэффекта.

Описанное устройство позволяет в широких пределах изменять характеристики стереоусилителя, превращая его в зависимости от регулировки либо в монофонический усилитель, либо в усилитель с хорошо подчеркнутым стереоэффектом.

Следует отметить, что стереоусилители, используемые совместно с различными акустическими установками, позволяют создавать не только описанные выше различные звуковые эффекты. Некоторых эффектов можно добиться, применяя в усилителе различные дополнительные регулирующие каскады, других — путем использования специальных акустических устройств и, наконец, третьих — при совместной установке как тех, так и других. Если в «хитростях» различных электронных схем радиолюбители более или менее осведомлены, то, как правило, сведения широкого круга их в области акустики и электроакустики более скромны. В результате возникают парадоксы. Высококачественный усилитель НЧ, собранный и налаженный по всем правилам, плохо работает из-за того, что он нагружен случайной акустической установкой, и наоборот, простой и маломощный усилитель НЧ работает с большой громкостью, чисто и без заметных искажений, если к его выходу подключена специальная акустическая система.

Таким образом, мы подошли к необходимости рассмотрения электроакустических устройств, в которых усилитель НЧ (моно- или стереофонический) и акустическая установка представляют собой одно целое.

Глава вторая

ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

5. АКУСТИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ГОЛОВОК

Акустическое оформление динамических головок состоит из ящика или экрана, предназначенного для выравнивания частотной характеристики головок в области низших частот звукового диапазона. Динамические головки, не имеющие акустического оформления, работают на низших частотах плохо. Причина заключается в том, что передняя и задняя стороны диффузора головки возбуждают звуковые колебания, противоположные по фазе. На низших частотах, где излучение диффузора не направлено, противофазные колебания складываются, в результате чего резко снижается отдача головки на этих частотах.

Для устранения этого нежелательного явления динамическая головка в простейшем случае может быть размещена в центре квадратного деревянного экрана с размерами $L \times L$(м), где

$$L = \frac{0{,}06}{F_{мин}};$$

здесь $F_{мин}$ — минимальная частота, кГц.

Нетрудно заметить, что при $F=50$ Гц длина стороны квадрата должна быть равна 1,2 м.

Обычно плоские экраны применяют крайне редко. Вместо них находят применение различные многогранные ящики и коробки с открытой или закрытой задней стенкой.

Изготовлению акустического оформления для той или иной динамической головки должен предшествовать строгий расчет размеров и характеристик разрабатываемой конструкции. Основные вопросы методики расчета изложены в [5, 6]. Проводить такие расчеты в любительских условиях трудно. Обычно радиолюбители пользуются приближенными, порой эмпирическими формулами и готовыми описаниями. За рубежом опубликовано немало конструкций различных акустических устройств, но в настоящем параграфе рассматриваются только те из них, в которых не применяются редкостные фирменные динамические головки и дорогостоящие материалы.

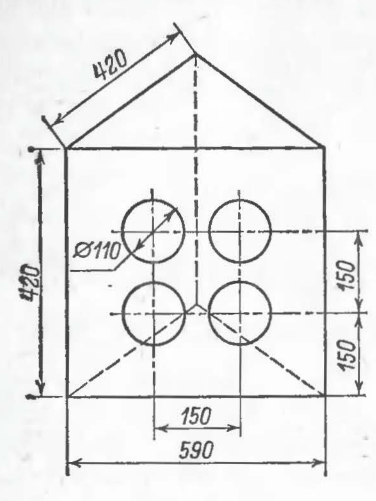


Рис. 17.

Акустическая система «четверка резвых». В широком кругу радиолюбителей существует мнение, что хорошие акустические характеристики можно получить лишь при использовании самых высококачественных динамических головок с малой резонансной частотой, но оказывается, что хорошее воспроизведение низших частот и высокую звуковую отдачу можно получить также, пользуясь относительно узкополосными и недорогими динамическими головками широкого применения, если их соответствующим образом оформить.

На рис. 17 приведен эскиз акустической установки, сделанной одним американским радиолюбнтелем и названиой им «четверка резвых».

Название это имеет свой смысл. Четверка — количество одиотипных недорогих динамических головок, примененных в установке, резвые — так американские радиолюбители называют среднечастотные динамические головки. С помощью четырех среднечастотных головок конструктор добился хорошего воспроизведения даже относительно низких частот. В одной акустнческой установке он применил сразу несколько известных ранее способов повышения отдачи на низших частотах. Во-первых, корпус установки имеет вид трехграиной призмы, что способствует подъему самых низших частот дополнительно на 6—8 дБ. Во-вторых, все четыре однотипные головки размещены в одной плоскости и на достаточно близком расстоянии друг от друга. В результате этого на частотах ниже 2—3 кГц наблюдается постепенное повышение отдачи, так как однотипные и синфазно включенные головки действуют на этих частотах как одна головка большого диаметра. Природа этого явления хорошо описана в отечественной литературе [5, 6].

Корпус акустической установки по эскизу, приведенному на рис. 17, делают из фанеры толщиной 10 мм. При указанных на рисунке размерах лучше всего использовать динамические головки типа 4ГД-8Е. Достоинство этих головок, предназначенных для воспроизведения полосы частот от 125 Гц до 7,5 кГц, состоит в том, что они обеспечивают громкость звучания в среднем в 2,5 раза больше, чем стандартные динамические головки типов 4ГД-7 и 4ГД-28 при той же подводимой электрической мощности. При последовательном соединении четырех головок типа 4ГД8-Е номинальная мощность акустической установки составляет 16 Вт, сопротивление 16 Ом, а полоса пропускаемых частот расширяется от 50 Гц до 8 кГц. Кроме того, наблюдается заметный дополнительный подъем средних частот в полосе 300 Гц — 3 кГц (на 6 дБ), обусловленный взаимным влиянием динамических головок и треугольной формой корпуса.

Система «реактивный поток». В начале 70-х годов среди радиолюбителей стали распространяться акустические системы для стереофонических установок, которые носили громкое название «реактивный поток». При относительно небольших габаритах (лицевая панель 170×430 мм, глубина 270 мм) и использовании в каждой акустической системе всего одной динамической головки мощностью 15 Вт удалось получить полосу пропускаиия от 40 Гц до 18 кГц. Масса установки составляла только 4 кг. Эту систему можно легко повторить.

Как явствует из кратного описания системы, опубликованного в Японии, ее «секрет» заключается в миогоколенном акустическом лабиринте, идущем от задней стороны диффузора головки зигзагами в сторону задней стенки установки. Выход лабиринта сделан не внизу или сбоку корпуса, как обычно, а назад, подобно тому, как направлено сопло реактивного самолета. Отсюда, видимо, и названне установки.

Согласно [5] резонансная частота лабиринта в килогерцах может быть определена по формуле

$$F = 0,16/l,$$

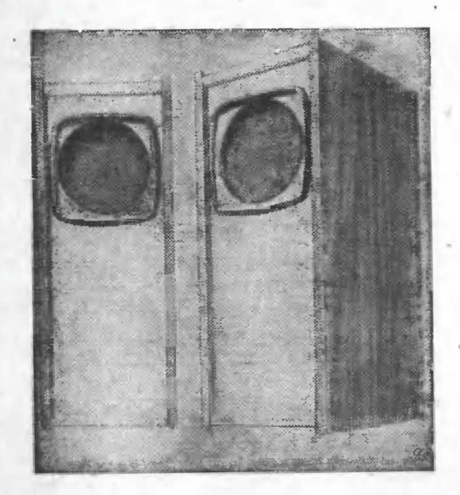
где l — общая длина лабиринта, м.

Как можно видеть из рассмотрения внешнего (рис. 18, *а*) и внутреннего (рис. 18, *б*) видов системы, общая длина лабиринта составляет около 1,3 м. Это значит, что собственная резонансная частота лабиринта составляет примерио 120 Гц. Если учитывать относительно большое расстояние между передним отверстием громкоговорителя и выходом лабиринта, влияние обратного излучения будет способствовать повышению отдачи на частотах ниже резонансной.

При самостоятельном изготовлении подобной акустической системы рекомендуется использовать среднечастотные динамические головки, обладающие небольшими размерами и высокой отдачей. К ним относятся 4ГД-8Е, 4ГД-36. При изготовлении системы следует обратить внимание на жесткость всех соединений корпуса и лабиринта, а также принять меры, устраняющие появление резонансов внутри лабиринта, для чего выложить его стенки звукопоглощающим материалом (поролоном или войлоком).

Акустическаи система с пассивным диффузором. Улучшение воспроизведения самых низших частот и повышение отдачи во всей

полосе воспроизводимых частот может быть достигнуто с помощью установки на лицевой панели акустической системы с закрытой задней стенкой (замкнутой акустической системы) второй динамической головки, аналогичной первой, но лишенной магнита и звуковой катушки. Такие системы появились более 20 лет назад и называются системами с пассивным отражателем. Принцип их действия



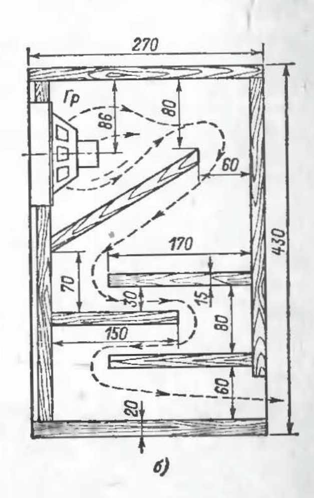


Рис. 18.

заключается в том, что диффузор второй головки, лишенный магнитной системы и звуковой катушки, совершает колебания на низших частотах в фазе с колебаниями диффузора основной головки в результате связи при близком размещении друг от друга. Пассивный диффузор колеблется плавно и без заметных искажений, так как отсутствует воздействие тех сил, которые вызывают искажения звучания активного диффузора. В результате такого поведения пассивного диффузора звучание всей акустической системы становится мягким. Кроме того, свободная подвеска диффузора, лишенного звуковой катушки и центрирующей шайбы, способствует понижению резонансной частоты пассивного отражателя, что приводит к расширению полосы воспроизводимых низших частот.

На рис. 19 приведены размеры корпуса акустической системы с пассивным отражателем (диффузором), описанной в одном из американских радиожурналов. Корпус делают из фанеры толщиной 15—18 мм. Для повышения звуковой отдачи головки и отражателя диффузородержатели обоих закрепляют со стороны внешней, а не внутренней стороны лицевой панели. Тем самым значительно уменьшаются объем и масса воздуха, который заключен между диффузором и драпировочной тканью.

При повторении конструкции можно использовать две головки типа 4ГД-7 или 4ГД-28. При этом одна из них, предназначенная

для переделки, может быть с неисправной звуковой катушкой или центрирующей шайбой.

Акустическая система с плавной перестройкой. Описанные выше и другие известные акустические системы и установки обладают характеристиками, которые не поддаются регулировке или перестройке в процессе эксплуатации. Всякие корректировки, желательные

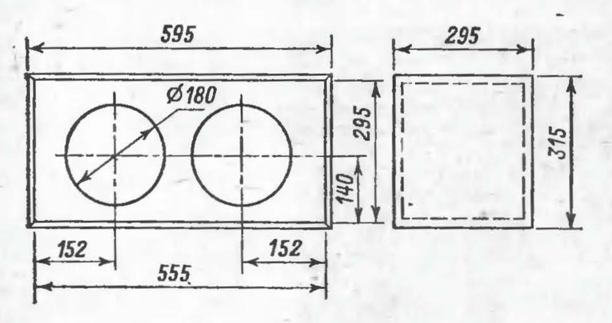


Рис. 19.

с точки зрения изменения резонансной частоты или полосы пропускания установки, требуют переделки корпуса, замены динамических головок и других сложных операций. Поэтому радиолюбители обычно изготовляют несколько различных по устройству и конструкции акустических установок в виде колонок, панелей, тумб, чтобы путем их комбинаций получать требуемую окраску звучания. Дело это не простое и требует много времени и средств.

Один американский радиолюбитель предложил делать корпус акустической системы перестраиваемым по глубине. При этом должны меняться внутренний объем корпуса, его резонансная частота и некоторые другие параметры, от которых зависит качество звучания. Самое удобное в новой конструкции то, что перестраивать корпус можно плавно. Для реализации этой возможности конструктор предложил собирать корпус (ящик) акустической системы из двух половин, причем одна из них вдвигается внутрь другой так, как это показано на рис. 20, *а—в*.

Как видно из рис. 20, *а*, *б*, новая акустическая система отличается от известной системы с закрытой задней стенкой тем, что в качестве последней используется половина ящика меньшего размера, причем между внутренними стенками основной и внешней поверхностью дополнительной половины ящика имеется воздушный промежуток шириной около 20 мм с каждой стороны. Указано, что для головок большой мощности этот промежуток должен быть шире, а для головок малой мощности — уже. Вдвигая или выдвигая внутреннюю половину ящика, можно эффективно менять объем корпуса установки и тем самым регулировать резонансные свойства системы. Для снижения реверберации и бубнящего звука, свойственных замкнутым установкам, внутреннее звукопоглощение осуществляется с помощью ячеистых перегородок из гофрированного картона от картонных ящиков (рис. 20, *в*). При больших размерах корпуса системы с целью фиксации положения картонных перегородок внутренней половины

ящика можно применять диагональные вставки из гофрированного картона, как показано на рис. 20, *б*. Для фиксации положения внутренней половины ящика относительно наружной применяют вставки из эластичного материала, размещаемые вдоль движения внутренней половины ящика. Размещение этих вставок подбирается опытным путем по качеству звучания установки.

Акустическая система с закрытой задней стенкой. У большей части радиолюбительских акустических систем задняя стенка корпу-

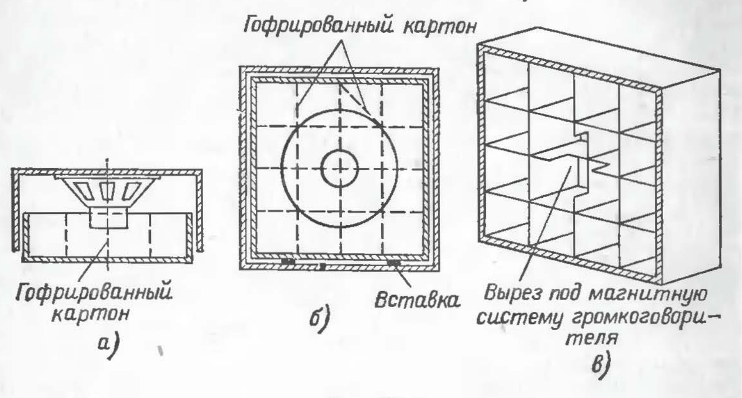


Рис. 20.

са отсутствует. Достоинствами таких систем являются их простота и относительно высокая отдача. Но они имеют существенный недостаток: характеристика излучения зависит от удаленности задней части корпуса от других предметов и стен. Для устранения этой зависимости минимальное расстояние должно быть не менее 0,2 м, что не всегда возможно и удобно. От указанного недостатка свободны установки закрытого тнпа, т. е. с закрытой задней стенкой. Правда, при этом несколько ухудшается отдача установки на низших частотах, но это может быть скорректировано регуляторами тембра.

Как уже указывалось ранее, расчет акустических установок с закрытой задней стенкой и с лабиринтами сложен и громоздок. Поэтому при изготовлении относительно простых конструкций, к которым ие предъявляется повышенных требований, можно пользоваться приближенными данными табл. 4. Для определения по этим данным внешних размеров установки нужно знать только диаметр диффузора. В случае применения головки с диффузором диамет-

Таблица 4

Диаметр диффузора, мм	Внешние размеры корпуса, мм	Диаметр диффузора, мм	Внешние размеры корпуса, мм
150	150×240×380	275	300×330×610
200	240×265×480	300	330×355×630
250	250×290×590	375	405×480×750

ром до 200 мм толщина стенок деревянного корпуса должна быть равна 10—12 мм. При большем диаметре толщина их должна достигать 20 мм. Внутреннюю поверхность задней стенки оклеивают звукопоглощающим материалом, например поролоном или войлоком, гофрированным картоном.

На рис. 21 приведен чертеж корпуса акустической установки закрытого типа, опубликованный в ежегоднике японских радиолюбителей. Размеры корпуса и отверстия под диффузор подходят для отечественной динамической головки типа 4ГД-4, имеющей полосу пропускания от 100 Гц до 10 кГц. Установка этой головки в данном корпусе позволяет расширить полосу пропускания со стороны низших частот до 60—70 Гц.

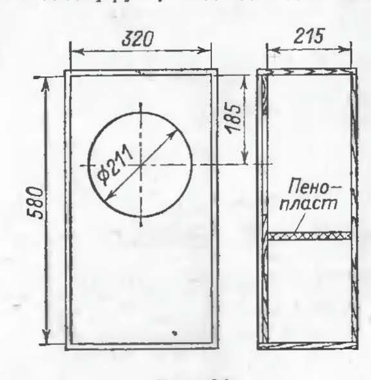


Рис. 21.

Как видно из рис. 21, внутренний объем корпуса разделен на две неравные части толстой плитой из пенопласта. Сделано это с целью получения двугорбой резонансной характеристики корпуса, что расширяет и выравнивает частотную характеристику установки в области самых низших частот.

Следует отметить, что последние годы характеризуются значительным усложнением конструкции акустических систем вследствие необходимости удовлетворения все возрастающих требований.

6. МНОГОПОЛОСНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Удовлетворение высоких требований, предъявляемых к современным громкоговорителям, возможно лишь в многополосных акустических системах, где использованы две или более динамическяе головки, каждая из которых воспроизводит только часть общего спектра сигнала. В зависимости от числа раздельных полос воспроизведения акустические установки могут быть двухполосными, трехполосными и т. д. Наибольшее распространение получили двухполосные, о которых и пойдет речь в дальнейшем.

Неотъемлемой частью любой многополосной акустической установки является разделительный фильтр, обеспечивающий подведение к каждой динамической головке только тех частот, которые он пропускает. Число фильтров должно быть равно числу головок. В зависимости от полосы частот, на которой те или ииые головки работают лучше всего, они делятся на низкочастотные, среднечастотные и высокочастотные. Рекомендуемые разделительные граничные частоты фильтров между собой равны 500 Гц, 1 кГц, 2 кГц, 4 кГц, 8 кГц. В двухполосных установках граничные разделительные частоты обычно равны 0,5 или 2 кГц, а в трехполосных — 0,5 и 4 кГц.

На рис. 22 приведены принципиальные схемы наиболее простых и распространенных видов разделительных фильтров — однозвенных (*а*) и двухзвенных (*б*). Двухзвенные сложнее одиозвеиных, ио зато обеспечивают значительно лучшее ослабление соседней полосы—

в среднем на 12 дБ на октаву вместо 6 дБ на октаву у однозвенных фильтров. На рис. 22, *в* приведена сравнительная характеристика фильтров обоих видов при частоте разделения 2 кГц.

Параметры звеньев разделительных фильтров определяются соотношениями

$$C = 1/2\pi FR; \quad L = R/2\pi F,$$

где C — емкость фильтра, Ф; L — индуктивность фильтра, Г; F — частота разделения, Гц; R — сопротивление звуковой катушки, Ом.

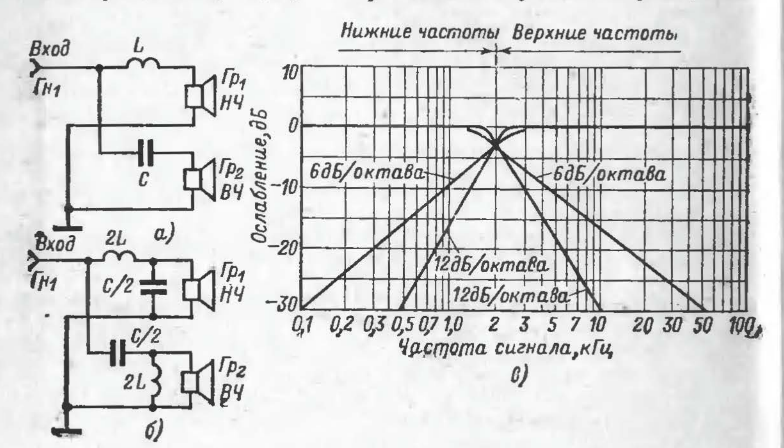


Рис. 22.

Обычно для обеспечения хорошей работы фильтра динамические головки должны иметь примерно равные значения сопротивлений звуковых катушек. В настоящее время распространены головки со звуковыми катушками, имеющими три стандартных значения сопротивления: 4, 8 и 16 Ом. На рис. 23 приведены графики, пользуясь которыми можно легко определить L и C однозвенных фильтров при различных разделительных частотах для любого значения сопротивления звуковой катушки, указанного выше. В двухзвенном фильтре емкость конденсатора C должна быть в 2 раза меньше, а индуктивность катушки L в 2 раза больше, чем в однозвенном.

Катушки индуктивности для разделительных фильтров наматывают на каркасах без магнитных сердечников. Для цилиндрических каркасов (рис. 24) число витков катушки может быть определено по формуле

$$n = \sqrt{\frac{L\,(3d + 9b + 10c)}{80d^2}},$$

где n — число витков; L — индуктивность, мГн; d — средний диаметр катушки, см; b — ширина намотки, см; c — средняя толщина намотки, см.

На рис. 25 приведен чертеж корпуса двухполосной акустической системы закрытого типа (*а*) и дана принципиальная схема включения ее двухзвенных разделительных фильтров (*б*). В установке использованы одна низкочастотная динамическая головка с полосой воспроизведения от 30 Гц до 4 кГц и одна высокочастотная — с полосой от 3 до 20 кГц. Разделительная частота полос — 4 кГц. Дополнительные резисторы R_1 и R_2 (рис. 25, *б*) предназначены для выравнивания частотной характеристики системы. Сопротивление резистора R_2 определяется по данным рис. 26 в зависимости от необходимого уменьшения отдачи высокочастотной головки по сравнению с низкочастотной при условии сохранения неизменным выходного сопротивления фильтра.

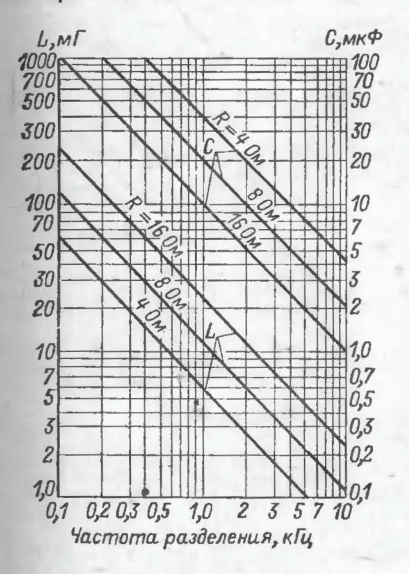


Рис. 23.

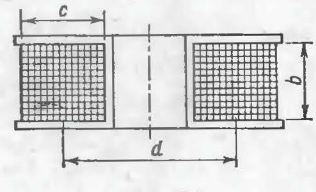


Рис. 24.

Как видно из рис. 25, *а*, внутренний объем корпуса разделен пенопластовой перегородкой на две полости, имеющие различные резонансные частоты. Положение перегородки подобрано таким образом, что в одном корпусе наблюдаются три резонансные частоты: самая низшая — корпуса в целом, самая высшая — верхней полости и средняя — нижней полости. Таким образом удается расширить полосу воспроизводимых частот.

В корпусе по чертежу на рис. 25, *а* могут быть размещены отечественные динамические головки 6ГД-2 (*Гр*1) и 3ГД-15 (*Гр*2). Тогда номинальная входная мощность установки составит 10 Вт. Задняя стенка корпуса должна быть оклеена толстым слоем поролона или войлока. Желательно также оклеить звукопоглощающими материалами (можно менее толстым слоем) всю остальную внутреннюю поверхность корпуса.

Обычно радиолюбители наращивают номинальную мощность акустических систем, увеличивая число используемых динамических головок, например, соединяя последовательно несколько однотипных. При этом их размещают асимметрично относительно осей симметрии лицевой панели, чтобы избежать появления нежелательных резонансных частот. В том случае, когда акустическая система содержит в каждом канале по две последовательно соединенные головки по

8 Ом каждая в обоих каналах, входное сопротивление канала становится равным 16 Ом. Если при этом будут использованы головки названных выше типов, то номинальная мощность на входе установки может быть доведена до 20 Вт. Для этого случая на рис. 27 приведены принципиальная схема (*а*) и чертеж катушки индуктивности

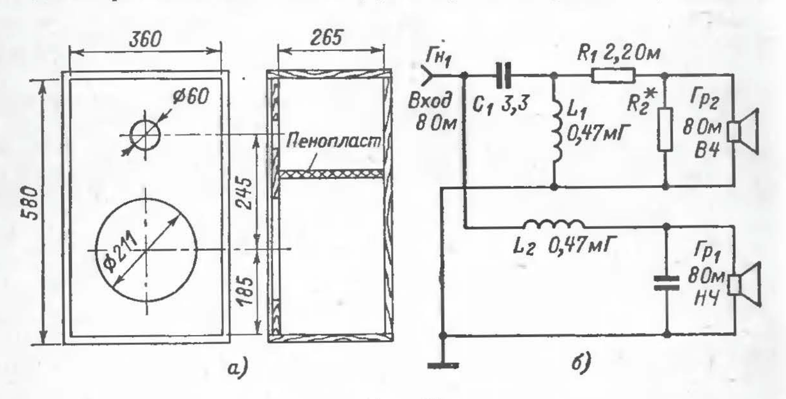


Рис. 25.

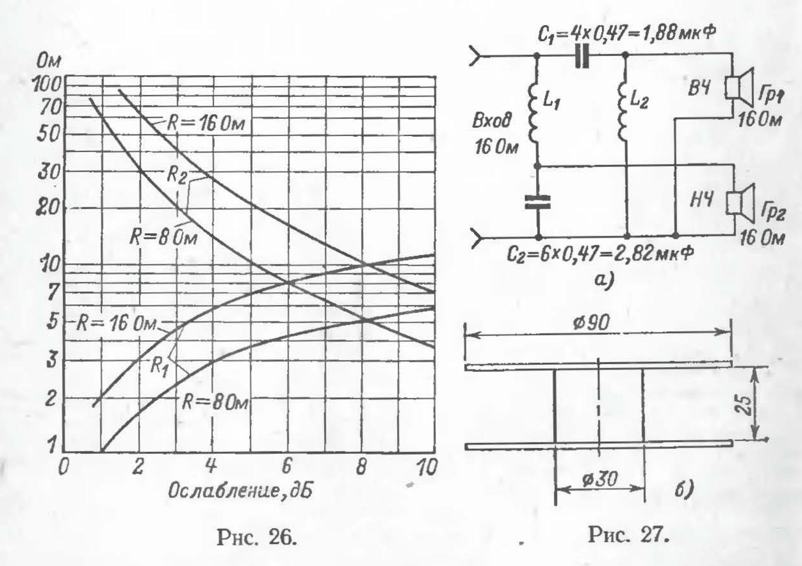


Рис. 26.

Рис. 27.

(*б*) двухзвенных фильтров, рассчитанных на входное сопротивление 16 Ом. При частоте разделения 3,5 кГц катушки индуктивности L_1 и L_2 должны содержать соответственно по 135 и 170 витков провода марки ПЭВ-1 или ПЭВ-2 диаметром 1,2—1,3 мм. Данные фильтров и катушек заимствованы из журнала бразильских радиолюбителей.

В заключение следует указать, что при изготовлении разделительных фильтров следует применять только неполярные конденсаторы, например бумажные, керамические. В тех случаях, когда конденсатора требуемой емкости не оказалось, можно применить несколько однотипных конденсаторов, включив их соответственно последовательно или параллельно. При этом всегда желательно, чтобы элементы разделительных фильтров находились внутри корпуса акустической системы, вблизи соответствующих динамических головок.

7. НОВОЕ В ЭЛЕКТРОАКУСТИКЕ — ЗАБЫТОЕ СТАРОЕ

Нередко на страницах зарубежных радиолюбительских журналов появляются сенсационные сообщения о том, что тот или иной прибор, приемник или акустический агрегат представляет собой последнее достижение современной техники. При более внимательном знакомстве с подобными «новейшими достижениями», как правило, оказывается, что рекламируемая новинка представляет собой всего лишь модернизированный вариант давно известного устройства или способа. В качестве примера расскажем о стереофонических установках с тремя колонками и усилителях с выраженным «эффектом присутствия».

Две или три акустические колонки? Среди наиболее дорогостоящих стереофонических установок в последние годы появились такие, которые вместо двух акустических колонок имели три. К достоинствам установок «нового» типа относят лучшее воспроизведение самых низких частот, более чистое и «прозрачное» разделение каналов между собой и меньший уровень перекрестных искажений между низкими, средними и высокими частотами. В одном из американских радиожурналов раскрыта «тайна» новейших установок и рассказано об основных достоинствах и недостатках стереофонических систем с тремя колонками.

Самое интересное состоит в том, что стереофонические установки с тремя колонками впервые появились на заре стереофонии, т. е. в 50-х годах. Уже тогда было известно, что стереофонический эффект проявляется главным образом на средних и высших частотах. Низшие частоты (ниже 1000 Гц) влияют на стереофоническое воспроизведение значительно меньше, хотя обертоны этих частот, т. е. их гармоники, лежащие в полосе средних и высших частот, играют определенную роль в формировании стереоэффекта. Поэтому-то создатели первых стереофонических установок сочли целесообразным воспроизводить низшие частоты сигнала одним низкочастотным громкоговорителем, а средние и высшие частоты разделять на два канала и воспроизводить двумя разнесенными среднечастотными громкоговорителями. По тем временам такое решение было наиболее простым и дешевым, так как широкополосные динамические головки, охватывающие всю полосу воспроизводимых частот, еще были редкостью, а применение двух разнесенных колонок с двумя головками (низкочастотной и высокочастотной) считалось дорогим удовольствием.

В дальнейшем, по мере совершенствования динамических головок и усилителей системы с тремя колонками стали вытесняться более компактными и удобными в обращении системами с двумя колонками. Главным неудобством при эксплуатации первых систем считалось обилие соединительных проводников, в которых часто путались неопытные потребители и радиолюбители. В результате пута-

ницы искажался стереоэффект, выходили из строя транзисторные усилители и т. д. По этим причинам подавляющее число современных транзисторных стереофонических установок имеет по две колонки. Известны также квадрофонические установки, где используются четыре колонки, но пока квадрофония применяется весьма ограниченно. Поэтому останавливаться на квадрофонии мы не будем, а рассмотрим причины, по которым вновь становятся модными стереофонические системы с тремя колонками. Оказывается, причин для этого несколько, и все они важны с точки зрения дальнейшего улучшения качества воспроизведения звука.

Серьезным недостатком электрофонов и радиол является прослушивание через громкоговорители характерного моторного шума (так называемой вибрации), вызываемого работой двигателя и биением передаточного механизма. Вибрация проявляется главным образом на самых низших частотах (до сотен герц), и борьба с ней очень затруднена. Приходится применять массивные (по несколько килограммов) диски, с высокой точностью изготовлять двигатели, элементы передаточного механизма и т. д. Все эти мероприятия значительно удорожают аппаратуру, хотя и не всегда дают желаемый результат. Теоретически стереофонические электрофоны и радиолы могут обеспечить подавление вибрационных шумов, так как они создают в различных каналах звукоснимателей равные по напряжению и противоположные по фазе колебания, которые могут скомпенсировать друг друга. Но для этого нужно очень точно отрегулировать оба канала, акустические колонки и разместить слушателя в определенной точке перед акустическими колонками. Но сделать это в бытовых условиях практически невозможно. Другое дело — системы с общим низкочастотным каналом. Здесь низкочастотные колебания обоих каналов, выделенные звукоснимателем, суммируются и далее усиливаются, а также воспроизводятся в одном канале. Поэтому взаимное подавление вибрационных шумов каждого звукоснимателя происходит уже в самом низкочастотном тракте. Это — первое существенное преимущество стереофонических систем с тремя колонками перед установками с двуми колонками.

Второе преимущество заключается в том, что для хорошего воспроизведения низших и высших частот необходимо соблюдать противоречащие друг другу условия. Так, если низшие частоты лучше воспроизводятся тогда, когда колонка стоит на полу, то средние и высшие частоты при таком расположении колонок, отражаясь от гладкого пола, сильно искажаются. Поэтому среднечастотные и высокочастотные громкоговорители следует размещать высоко.

В-третьих, внешнее оформление низкочастотных и высокочастотных динамических головок должно быть различным. Низкочастотная головка, как правило, имеет большие размеры, и ее лучше всего разместить в большой колонке прямоугольной формы. В то же время для подавления интерференционных явлений на средних и высших частотах необходимо придавать корпусу колонки более округлые формы.

В-четвертых, разнесенные в пространстве громкоговорители позволяют существенно уменьшить их взаимное влияние (особенно низкочастотных на высокочастотные). Осуществить это разделение внутри корпуса одной колонки очень трудно.

Правда, некоторая громоздкость системы с тремя колонками несколько усложняет размещение их в бытовых условиях, но зато перечисленные выше преимущества позволяют получить более глубокий стереоэффект, чем при использовании систем с двумя колонками. Однако проявляются эти преимущества лишь при соблюдении ряда обязательных требований, о которых следует сказать особо.

Главное условие высококачественной работы электроакустической системы с тремя колонками заключается в правильном выборе частоты разделения низкочастотного и высокочастотных каналов. Согласно теории длина волны на частоте разделения каналов должна быть близка к расстоянию между двумя разнесенными друг от друга высокочастотными колонками правого и левого каналов. Считается,

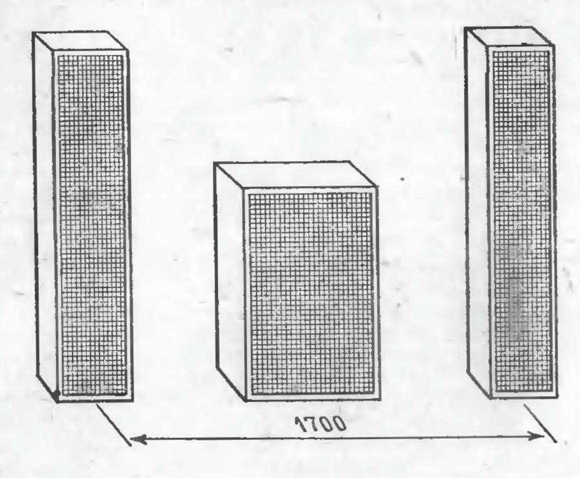


Рис. 28.

что при среднем расстоянии между колонками около 2,5 м оптимальная разделительная частота равна 140 Гц, но это справедливо только при использовании разделительных фильтров с идеальной, т. е. вертикальной, крутизной спадов их характеристик. Хотя в настоящее время известны способы построения таких фильтров, их применение в акустических системах практически исключено из-за больших фазовых искажений сигнала. Фактически находят применение более простые фильтры, обеспечивающие крутизну скатов 6, 12 и 18 дБ/октава. При использовании таких фильтров для эффективного подавления в низкочастотном канале составляющих сигнала с частотой 200 Гц и выше частота разделения каналов должна составлять 60 Гц для первого фильтра, 80 Гц — для второго и 100 Гц — для третьего.

Другое важное условие — большие размеры помещения, в котором должна функционировать установка. Считается, что для хорошего проявления стереоэффекта на низших частотах необходимо, чтобы на частоте разделения каналов вдоль длинной стенки помещения могли бы уложиться несколько десятков длин волн. При длине стены около 10 м это требование выполняется только на более высоких частотах, чем это требуется согласно предыдущему рассмотрению. Выход из такого положения находят путем компромисса, уменьшая расстояние между высокочастотными колонками и соот-

ветственно повышая частоту разделения каналов. В качестве примера на рис. 28 приведен эскиз размещения колонок акустической системы с уменьшенным против нормального расстоянием между высокочастотными колонками.

Сформировать третий (низкочастотный) канал можно различными способами. На рис. 29 приведены принципиальные схемы наиболее простого способа формирования путем подключения низкочастотного громкоговорителя к выходам левого и правого каналов стереофонического усилителя. Здесь рассматриваются три варианта для случая, когда сопротивление звуковых катушек всех динамических головок одинаково и равно 8 Ом. Дополнительная низкочастотная головка везде обозначена $Гр_3$. Частота разделения каналов 100 Гц. В простейшем случае (рис. 29, *а*) динамическая головка $Гр_3$ подключена к головкам $Гр_1$ и $Гр_2$ через развязывающие резисторы R_1 и R_2 последовательно и катушку индуктивности L_1. Недостатком этого варианта являются большие потери (6 дБ) на низших частотах из-за наличия развязывающих резисторов. При разделении каналов по схеме рис. 29, *б*, где головка $Гр_3$ зашунтирована конденсатором C_1 и подключена непосредственно к головкам $Гр_1$ и $Гр_2$, такие потери отсутствуют, но зато сильно сказывается взаимное влияние левого и правого каналов, проявляются нежелательные резонансные явления. От обоих недостатков в значительной степени свободна схема разделения каналов, изображенная на рис. 29, *в*, которая отличается от рис. 29, *б* тем, что головки $Гр_1$ и $Гр_2$ зашунтированы катушками индуктивности L_1 и L_2.

Рис. 29.

Разделение каналов по схемам рис. 29 возможно лишь в тех усилителях, где допускается параллельное включение выходов по постоянному току.

Значительно лучшие результаты можно получить при использовании дополнительного канала усиления, нагруженного низкочастотной головкой. При этом суммирование и разделение каналов должны происходить на входе дополнительного усилителя. На рис. 30 приведены принципиальные схемы двух возможных вариантов сложения низкочастотных сигналов левого и правого каналов на выходах (рис. 30, *а*) или входах (рис. 30, *б*) стереофонического усилителя. В обоих случаях используется двухзвенный фильтр, обеспечивающий крутизну скатов 12 дБ/октава.

В первом варианте (рис. 30, *а*) фильтр состоит из резисторов R_3 и R_4 и конденсаторов C_1 и C_2. Он подключается к выходам каналов усилителя через развязывающие резисторы R_1 и R_2. Низкочастотный сигнал снимается с ползунка высокоомного переменного резистора R_6. Во втором варианте (рис. 30, *б*) первоначально производится разделение частот в каждом канале (левом и правом) с помощью фильтров R_1C_1 и R_2C_2 соответственно. Выходы левого и правого каналов стереоусилителя подключаются к ползункам переменных резисторов R_1 и R_2, что обеспечивает подавление низших частот в обоих каналах. Суммирование низкочастотных колебаний производится с помощью развязывающих резисторов R_3 и R_4, подключенных

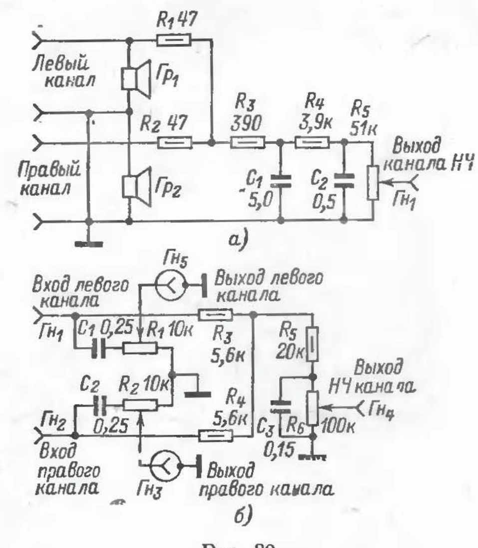


Рис. 30.

к фильтру R_5C_3. Сигнал общего низкочастотного канала снимается с ползунка переменного резистора R_6.

Устройства, выполненные по схемам рис. 30, имеют значительно бо́льшие возможности, чем устройства, схемы которых даны на рис. 29, но зато они требуют дополнительного усилителя, а также принятия дополнительных мер для ликвидации нежелательных наводок в цепях суммирования и разделения сигналов. Наводки подавляются путем экранирования всех элементов общим металлическим корпусом. Особо аккуратно должно быть осуществлено экранирование устройства, собранного по схеме рис. 30, *б*.

Устройства, выполненные по схемам, показанным на рис. 30, разделяют каналы на частотах 80 Гц (рис. 30, *а*) и 60 Гц (рис. 30, *б*). В случае необходимости частота разделения может быть повышена в первом варианте до 100 Гц путем уменьшения емкости конденсаторов C_1 и C_2 до 4,0 и 0,4 мкФ соответственно. Во втором варианте при уменьшении емкости конденсатора C_3 до 0,1 мкФ частота разделения будет равной 80 Гц. Такие изменения частоты разделения могут оказаться желательными при согласовании акустической системы с помещением.

«Эффект присутствия». Одним из интересных нововведений, применяемых в самых дорогих усилителях НЧ, является «регулятор присутствия», позволяющий выделить голос солиста на фоне музыкального сопровождения, сделать его более понятным и объемным, создавая тем самым «эффект присутствия» солиста где-то рядом со слушателем. Суть «эффекта присутствия» заключается в соответствующей коррекции амплитудно-частотной характеристики усилителя НЧ. При этом учитывается, что диапазон изменения частот музыкального сопровождения составляет 9 октав, от 20 Гц до 15 кГц.

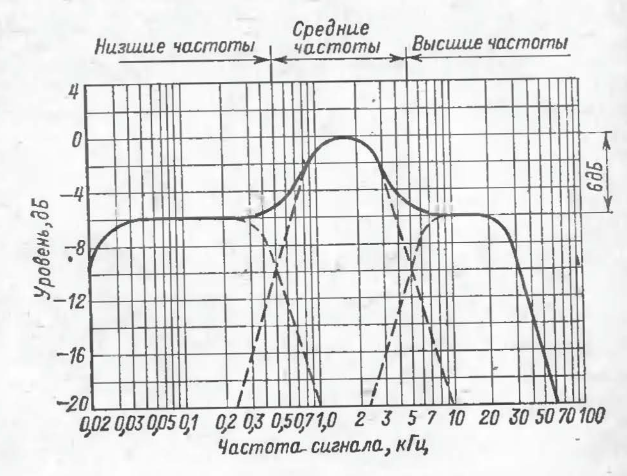


Рис. 31.

Этот диапазон перекрывает частоты, на которых работают все музыкальные инструменты, от большого басового барабана до маленькой флейты-пикколо. Частоты человеческого голоса занимают примерно центральную часть этого диапазона (от 2 до 5 кГц). Поэтому для того, чтобы выделить голоса солистов на фоне музыкального сопровождения, достаточно повысить усиление на частотах от 1 до 5 кГц. По мнению специалистов, повышение усиления должно составлять 6—10 дБ.

Наиболее просто реализовать «эффект присутствия» можно в трехполосной акустической системе, где усиление и воспроизведение производятся раздельно в полосах низших, средних и высших частот. Обычно частота разделения каналов низших и средних частот составляет 600—800 Гц, средних и верхних — 4 кГц. Следовательно, достаточно увеличить усиление канала средних частот на 6—10 дБ больше, чем в каналах низших и высших частот, чтобы «эффект присутствия» проявился в полной мере. Сделать это можно с помощью регуляторов громкости одного (СЧ) или двух (НЧ и ВЧ) каналов. При этом амплитудно-частотная характеристика всего тракта должна иметь вид, показанный на рис. 31.

На рис. 32 приведена принципиальная схема простого дополнительного устройства, которое обеспечивает появление «эффекта присутствия» практически у любого усилителя НЧ. Оно представляет

Таблица 5

Емкость конденсатора C_1, мкФ	Частота, кГц	Емкость конденсатора C_1, мкФ	Частота, кГц
0,01	1,25	0,0033	2,5
0,0068	1,8	0,0022	3,0
0,0047	2,0	0,001	4,0

собой простейший фильтр, обеспечивающий подъем средних частот относительно низших и высших. Основой фильтра является параллельный резонансный фильтр L_1C_1, настроенный на желаемую из средних частот. Острота настройки резонансного контура определяется сопротивлением шунтирующего переменного резистора R_3. Необходимая резонансная частота устанавливается подбором номинала конденсатора C_1. При указанном на схеме рис. 32 значении C_1 (0,0033 мкФ) и индуктивности L_1, равной 1,5 Г, контур будет настроен на частоту 2,5 кГц. В случае иного значения емкости конденсатора C_1 частоты настройки будут определяться по табл. 5. В качестве катушки индуктивности L_1 рекомендуется использовать первичную обмотку согласующего трансформатора НЧ от карманного или переносного транзисторного приемника.

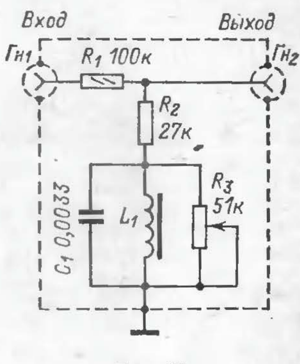


Рис. 32.

Конструктивно все детали устройства, собранного по схеме рис. 32, размещены на печатной плате с размерами 50×80 мм. Экраном от внешних электрических и магнитных полей служит металлический корпус с внешними размерами 84×54×46 мм.

Эксплуатация устройства производится следующим образом. Его вход подключают к выходу источника сигнала (звукоснимателя, магнитофона), а его выход — ко входу усилителя НЧ. Если ползунок резистора R_3 находится в крайнем верхнем по схеме положении, то резонансный контур L_1C_1 оказывается замкнутым накоротко и влияние каскада на работу усилителя НЧ сводится к ослаблению сигнала во всей полосе частот примерно на 8 дБ. Это ослабление можно скомпенсировать регулятором громкости усилителя НЧ, который (регулятор) редко бывает в положении максимума громкости.

По мере перемещения движка резистора R_3 вниз (по схеме) растет сопротивление, шунтирующее резонансный контур, и вместе с этим результирующее сопротивление, включенное между резистором R_2 и «землей», причем на резонансной частоте оно будет наибольшим. В результате этого амплитудно-частотная характеристика устройства будет близка к показанной на рис. 31.

При номиналах деталей устройства, указанных на рис. 32, максимальная глубина «эффекта присутствия» достигает 6 дБ. Для уве-

личения ее до 8 дБ рекомендуется повысить сопротивление переменного резистора R_3 до 2 МОм. Дальнейшее увеличение сопротивления резистора R_3 не приводит к заметному росту коэффициента передачи на средних частотах из-за влияния собственных потерь в катушке индуктивности L_1.

8. «ГРОМКАЯ» И «ТИХАЯ» ЭЛЕКТРОАКУСТИКА

Травмирующая музыка. Характерной особенностью современных электроакустических установок является непрерывное наращивание максимальной выходной мощности усилителей НЧ и соответственное увеличение номинальной мощности акустических колонок. К середине 70-х годов «нормальная» мощность усилителя одной электрогитары доведена до 100 Вт, электрооргана до 200 Вт. Любительские и профессиональные ансамбли применяют для озвучивания своих выступлений усилители мощностью 200 Вт и более. Но, судя по всему, это еще не предел, так что можно ожидать дальнейшего роста мощности электроакустических установок. Такая тенденция давно беспокоит физиологов и врачей, на что есть веские основания.

Дело в том, что ухо человека является очень тонким и легко ранимым органом. При той большой громкости, которую создают мощные и сверхмощные электроакустические установки в танцевальных залах или во время эстрадных представлений, могут наступить неприятные болевые ощущения. Длительное воздействие громкого звука может привести к необратимым дефектам слуха. В зарубежной литературе описано немало случаев пагубного воздействия громкой музыки на слух.

В табл. 6 приведены сравнительные данные (в децибелах) уровня различных видов шума относительно порога слышимости уха человека. Из таблицы видно, что болевой порог соответствует уровню 140 дБ. Средний уровень звучания современной музыки в танцевальных залах достигает 100—120 дБ. Симфонический оркестр также может создать уровень 100 дБ, но происходит это лишь кратковременно, а поэтому отрицательное действие на слух человека здесь практически отсутствует, чего нельзя сказать о танцевальной музыке. Так, по данным преподавателя одного железнодорожного колледжа в Мексике, проводившего наблюдения за своими студентами, после 3 ч пребывания в комнате, где громкость музыки достигала 100—120 дБ, чувствительность их ушей понижалась на 6 дБ на всех частотах. При этом оказалось, что молодые люди более чувствительны к громкой музыке, чем люди пожилого возраста. Снижение чувствительности уха юноши может достигать 10 дБ, девушки — 6 дБ.

Нередко молодые люди прослушивают свои электрогитары, магнитофоны и электрофоны, включив их на полную мощность в небольших помещениях при закрытых окнах и дверях. По мнению специалистов, делать этого не следует, так как создаваемые при этом уровни громкости могут быть опасны для людей, находящихся в этой комнате. В таких случаях целесообразно уменьшать мощность, открывать двери и окна. Несоблюдение этих требований при систематическом прослушивании современной музыки приводит к необратимым изменениям среднего уха человека, к потере его чувствительности.

По данным ученых университета штата Теннесси, многие студенты имеют слух хуже, чем пожилые люди в возрасте 65 лет и более, из-за того, что они злоупотребляют громкой музыкой. Кстати, те же ученые проводили многочисленные опыты над животными, которые подтвердили, что длительное прослушивание музыки на уровне 120 дБ приводит к перерождению и притуплению органов слуха.

Таблица 6

Уровень шума, дБ	Источник звука
0	Порог слышимости
10	Шепот на расстоянии 1 м
20	Очень тихая комната
30	Шепот на расстоянии 2 м
40	Беседа тихим голосом
50	Контора, дом
60	Движение на скоростной автомобильной дороге
70	Интенсивное уличное движение
80	Отбойный молоток на расстоянии 15 м
90	Средний уровень музыкального сопровождения эстрады
110	Авиационный поршневой двигатель
120	Начало болевых ощущений
130	Взлет реактивного самолета на расстоянии 60 м
140	Порог болевого ощущения
150	Повреждение уха
160	Разрушение уха

Итак, с одной стороны, для повышения качества звучания и расширения динамического диапазона громкости необходимо увеличение мощности звуковоспроизводящей аппаратуры, а с другой стороны, сохранение здоровья слушателя и окружающих его людей требует ограничения громкости и выходной мощности. Одним из возможных компромиссов между обеими тенденциями является применение индивидуальных громкоговорителей, оформленных подобно головным телефонам. Такие устройства могут быть как монофоническими, так и стереофоническими. Головные индивидуальные громкоговорящие телефоны уже нашли широкое применение при прослушивании магнитофильмов, грампластинок, радиопередач и даже электромузыкальных инструментов. Такое «молчаливое» для окружающих прослушивание музыкальных программ позволяет исключить возникновение разного рода конфликтов, связанных с нарушением тишины.

Обычно применяемые головные телефоны типа ТОН-1 или ТОН-2 непригодны для использования с высококачественными усилителями НЧ, так как имеют узкую полосу пропускания и большую неравномерность амплитудно-частотной характеристики. Значительно лучшие

результаты можно получить, применяя малогабаритные широкополосные динамические головки, воспроизводящие частоты от 100 Гц до 10 кГц, например 0,5ГД-30 или 0,5ГД-31. При прослушивании монофонических программ головки подключают к выходу усилителя НЧ последовательно или параллельно в зависимости от требуемого сопротивления нагрузки.

На первый взгляд подключение громкоговорящих телефонов к стереофоническому усилителю также несложно: левый телефон со-

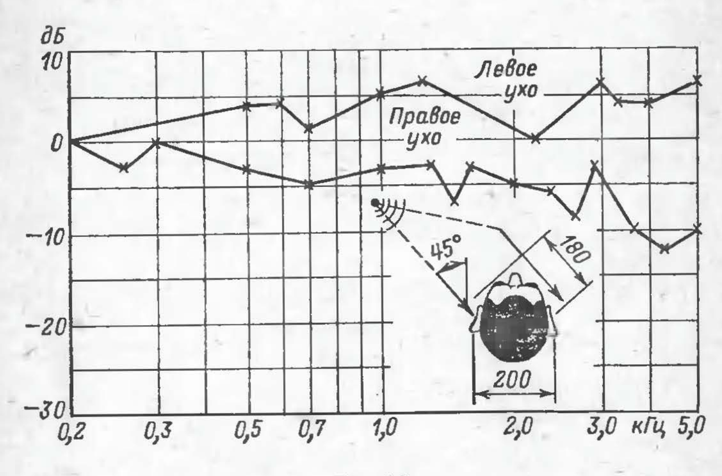


Рис. 33.

единяют с выходом левого канала, а правый — с выходом правого канала, и можно наслаждаться стереоэффектом. Но первое же прослушивание стереопрограмм на громкоговорящие телефоны, включенные таким образом, показывает, что стереоэффект нарушен. О том, почему это происходит и как восстановить стереоэффект, следует рассказать особо.

Стереофонические громкоговорящие головные телефоны. Стереоэффект при прослушивании стереофонических программ через разнесенные колонки возникает вследствие относительного запаздывания колебаний, излучаемых одной колонкой и воспринимаемых левым и правым ухом. Оказывается, что из-за различных длин путей, которые проходят звуковые волны до каждого уха, наблюдается изменение чувствительности левого и правого уха в зависимости от частоты колебаний. В качестве примера на рис. 33 приведена относительная зависимость чувствительности левого и правого уха человека на различных частотах для случая, когда источник звука размещен слева от слушателя под углом 45°. Эти и последующие данные были опубликованы в одном из английских радиожурналов.

Известно, что ухо человека начинает различать направление на источник звука тогда, когда разность фаз колебаний, достигающих левого и правого уха, более 36°, т. е. разность пути, пройденного волнами, более чем 0,1 длины волны. С учетом размеров головы человека и направления прихода волны на рис. 33 разница в чувстви-

тельности левого и правого уха на частотах ниже 200 Гц практически отсутствует. Но зато по мере повышения частоты чувствительность левого уха возрастает, правого уменьшается, достигая наибольшего различия на частотах выше 1 кГц. В среднем можно считать, что на высших частотах чувствительность левого уха на 5 дБ выше, а правого на 10 дБ ниже, чем на самых низших частотах. Если источник звука будет находиться справа от слушателя, то тогда уши как бы поменяются местами.

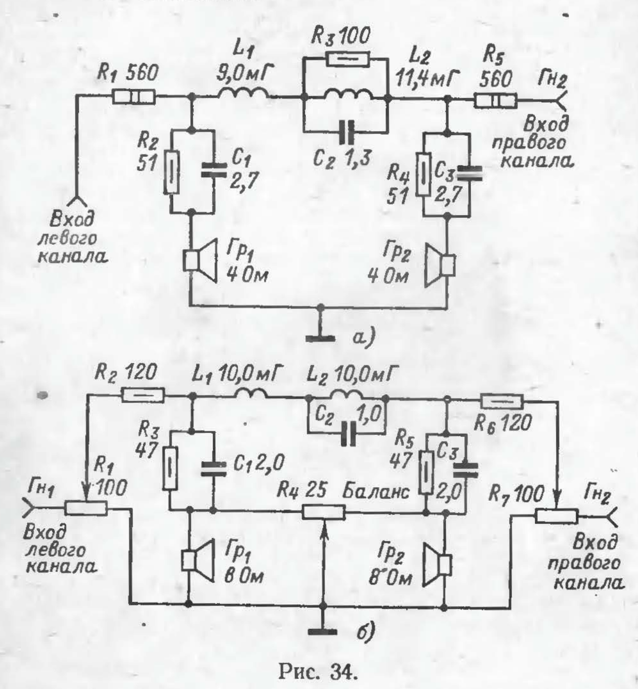


Рис. 34.

Как следует из рассмотренного выше примера, при прослушивании через стереофоническяе головные громкоговорящие телефоны стереоэффект может быть достигнут при включении между телефонами левого и правого каналов дополнительного фильтра, обеспечивающего соответствующее запаздывание сигнала одного канала на телефоне другого канала. На рис. 34 приведены принципиальные схемы двух вариантов подключения динамических головок, применяемых в качестве громкоговорящих телефонов, к выходу стереофонического усилителя с использованием регулировок громкости и баланса, имеющихся в стереоусилителе или смонтированных непосредственно в устройстве.

В первом варианте (рис. 34, *а*) головки *Гр*1 и *Гр*2 подключены к выходам соответствующих каналов стереофонического усилителя через ограничительные резисторы R_1 и R_5 и фильтрующие цепочки R_2C_1, R_4C_3. Между собой головки соединены резонансным контуром

L_2C_2, зашунтированным резистором R_3, и катушкой индуктивности L_1. Регулировки громкости и стереобаланса при этом размещены в самом усилителе, что создает некоторые неудобства, когда слушатель удален от усилителя.

Во втором варианте (рис. 34, *б*) регуляторы громкости и стереобаланса находятся непосредственно в устройстве, что позволяет корректировать прослушиваемую программу, находясь на значительном расстоянии от усилителя. Кроме того, раздельная регулировка громкости в каждом канале (резисторы R_1 и R_7) создает дополнительные возможности для придания звучанию желаемой направленности.

Устройства, собранные по схеме рис. 34, оформляют в виде дополнительных блоков, заключенных в металлический корпус.

По мнению многих авторов, стереофонические громкоговорящие телефоны позволяют сделать звук более объемным и пластичным, добиться большей пространственной различимости музыкальных инструментов. Вместе с тем такие телефоны представляют не меньшую, а порой даже бо́льшую опасность для органов слуха, чем разнесенные акустические колонки. Причина состоит в том, что уже при относительно небольшой подводимой мощности, всего несколько ватт, звуковое давление, создаваемое головными громкоговорящими телефонами, может превышать уровень 120—130 дБ. Поэтому пользоваться ими следует с соблюдением предосторожности.

Глава третья

ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫЕ И ЦВЕТОАКУСТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

9. ЭЛЕКТРОННОЕ «ВООРУЖЕНИЕ» ЭСТРАДЫ

Как уже было указано, последние годы характеризуются широким внедрением электроники в самые различные области науки, техники и искусства, в том числе — в музыкальное творчество. Микрофоны и высококачественные усилители НЧ, снабженные акустическими агрегатами, обязательно имеются практически в любом эстрадном ансамбле. Кроме того, появились различные музыкальные группы, оснащенные исключительно электромузыкальными инструментами («поп-джаз»). Каковы же основные особенности электронного «вооружения» современных эстрадных ансамблей?

Гигантская выходная мощность усилителей НЧ. Главная особенность применяемых в настоящее время адаптеризованных и электронных музыкальных инструментов — гигантские выходные мощности их усилителей НЧ. Например, если в конце 60-х годов пределом считалась выходная мощность 50—100 Вт, то к середине 70-х годов появились усилители с выходной мощностью до 200—400 Вт. В состав электронного оборудования современного «поп-джаза» входят несколько усилителей различной мощности и различного назначения. Как правило, это главный усилитель мощности НЧ около 100 Вт, снабженный двумя микрофонами, микшерным пультом, и несколько вспомогательных усилителей с выходной мощностью от 5 до 100 и даже 200 Вт.

Главный усилитель используется для трансляции голоса солиста. Кроме того, с помощью микшерного пульта возможно подключение к этому усилителю микрофонов, расположенных вблизи других исполнителей, которыми могут быть музыканты оркестра, подпевающие солисту. Вспомогательные усилители используются исключительно для озвучивания отдельных музыкальных инструментов.

Сверхмощные усилители. Усилители НЧ имеют ряд характерных особенностей. Так, например, наиболее распространенные музыкальные группы имеют обычно три электрогитары: ведущую (соло), ритмовую и басовую, поэтому здесь используются либо три раздельных усилителя по 10—20 Вт, либо один общий усилитель с выходной мощностью 50 Вт, оснащенный микшерным пультом, ревербератором, регулировками тембра, громкости и рядом других дополнительных устройств, придающих звучанию электрогитар различные оттенки.

Для наращивания выходной мощности практикуется параллельное включение нескольких однотипных усилителей мощности, обычно двух или трех, причем они могут работать от одного (общего) предварительного усилителя, в котором и осуществляются все необходимые регулировки и коррекции. Один такой усилитель может обслуживать одновременно до пяти стоваттных усилителей мощности. Некоторые предварительные усилители дополнительно снабжаются устройствами, имитирующими реверберацию в большом зале, эффект эхо и т. п.

В конструкции усилителей НЧ учитывается, что основная мощность оркестра сосредоточена в области низших частот. Поэтому применяемые усилители построены так, чтобы пропускать их. Это очень важно для хорошего воспроизведения звучания басовых и ритмовых гитар. Усилители для эстрады должны работать с полной мощностью в течение длительного времени. Особые требования предъявляются к источникам питания сверхмощных усилителей. Главное требование к ним — обеспечение малой пульсации выпрямленного тока при больших бросках потребляемого тока. Выполнение этого требования особенно важно для обеспечения неискаженной работы усилителя совместно со струнными инструментами. Добиться этого можно путем применения сложных и быстродействующих стабилизаторов напряжения, а также увеличением емкости фильтрующих конденсаторов, установленных на выходе выпрямителя до нескольких десятков тысяч микрофарад. Обычно в усилителях применяют оба способа. При этом для обеспечения необходимого быстродействия стабилизатора напряжения в нем широко применяют высокочастотные транзисторы большой мощности.

Микрофоны — не там, где прежде. «Микрофоны должны всегда находиться позади акустических агрегатов» — таково было в прошлом правило, обязательное к выполнению при озвучивании помещений. Теперь все наоборот. Например, в «поп-джазе» микрофоны для вокалистов устанавливают перед громкоговорителями, размещенными в глубине сцены, рядом с музыкантами. Казалось бы, при этом должно произойти самовозбуждение усилителей по причине сильной акустической обратной связи. Но этого не происходит ввиду того, что здесь применяются специальные динамические головки и микрофоны с чувствительностью на 50—60 дБ ниже обычных. Обладая столь низкой чувствительностью, новые микрофоны способны реагировать на звуки, исходящие только от источников, удаленных на расстояние не более 1 м. Как правило, такие микрофоны выполняют

в виде шара, укрепленного на конце рукоятки, через которую пропущен длинный шнур, ведущий к усилителю. Они позволяют исполнителям чувствовать себя на сцене свободно и перемещаться практически в любом направлении.

Гигантские громкоговорители. Гигантские мощности, которые развивают упомянутые выше усилители, требуют для работы совместно с ними специальные сверхмощные динамические головки с конусным диффузором. Разного рода рупорные громкоговорители, предназначенные для озвучивания больших улиц и площадей, здесь не подходят. Создание высококачественных головок большой мощности — очень сложное дело. Лучшие динамические головки, доступные радиолюбителям, развивают мощность до 30 Вт при диаметре диффузора до 75 см. Радиолюбители оформляют их в виде колонки высотой 1,3 м и с основанием 0,6×0,8 м. Известны также динамические головки мощностью до 100 Вт и более, но они предназначены для профессионалов и практически недоступны для радиолюбителей.

Таким образом, для работы сверхмощных усилителей НЧ требуется несколько головок, которые могут быть соединены последовательно или параллельно. Во всех случаях, когда усилитель большой мощности нагружен на одну или несколько динамических головок, должны применяться меры предосторожности, так как при работе таких акустических установок с полной мощностью в небольших помещениях могут быть нанесены необратимые повреждения органам слуха.

10. НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОГИТАРЫ

Электрогитара является самым массовым и популярным среди молодежи электромузыкальным инструментом. В отечественной радиолюбительской литературе описано большое число различных конструкций электрогитар. Подробно и обстоятельно об устройстве, самостоятельном изготовлении и налаживании электрогитары рассказано в [4]. Ниже будет описано несколько новинок, получивших распространение в зарубежных любительских конструкциях электрогитар.

Стереофоническая электрогитара. До недавнего времени радиолюбители использовали стереофонические усилители НЧ главным образом для высококачественного воспроизведения различных музыкальных программ с граммпластинок, магнитофонной ленты или с выхода УКВ ЧМ стереоприемника. Но оказывается, что возможности применения стереофонических усилителей могут быть значительно шире. Например, на страницах одного итальянского радиолюбительского журнала описано, как с помощью стереоусилителя и специального датчика обычная шестиструнная гитара может стать стереофонической электрогитарой.

Основой нового вида электрогитары является несложный по своему устройству двухканальный датчик, в качестве чувствительных элементов которого использованы два цилиндрических пьезоэлемента диаметром около 5 мм и толщиной 1 мм из специальной керамики, выполненной на основе титанат-цирконата свинца. Устройство датчика показано на рис. 35, *а*. Пьезокерамические диски $ПЭ_1$ и $ПЭ_2$ типа PXE4 или PXE5 устанавливают на проводящей поверхности печатной платы из фольгированного гетинакса или текстолита (рис. 35, *б*). Длина этой платы должна быть на 20—25 мм больше расстояния между крайними струнами. Печатную плату устанавливают на поверхности деки гитары между двумя прокладками — одной из тонкого фетра или сукна и другой из листового органического стекла толщиной около 6 мм. Механическая связь чувствительных элементов со струнами осуществляется с помощью металлической шпильки, имеющей по всей длине резьбу М5, и двух гаек М5, устанавливаемых на обоих торцах шпильки таким образом, чтобы их плоские грани проходили через центры плоских

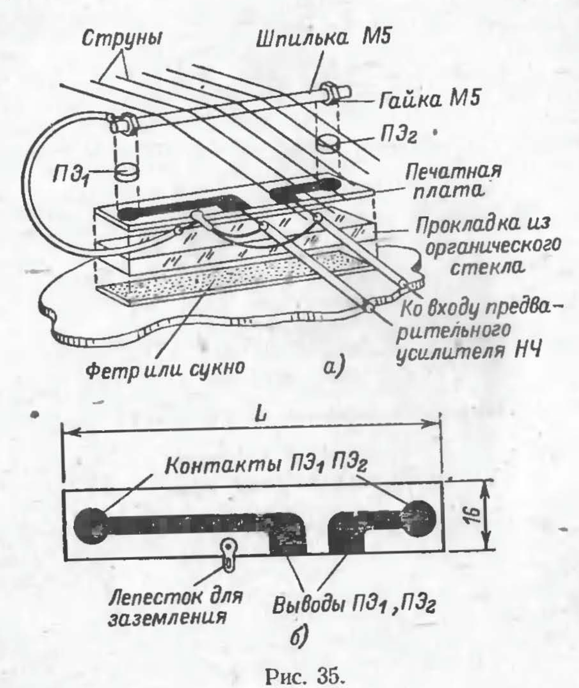


Рис. 35.

поверхностей пьезоэлементов $ПЭ_1$ и $ПЭ_2$. Фиксация заданного положения элементов датчика обеспечивается давлением натянутых струн, под которыми установлен датчик, а также с помощью клея, скрепляющего печатную плату и обе прокладки. Электрическое соединение элементов датчика со входами стереоусилителя осуществляется с помощью экранированных проводников.

Одной из особенностей стереофонического датчика электрогитары является то, что для его нормальной работы необходимо подать на каждый из чувствительных элементов дополнительное поляризующее постоянное напряжение. Кроме того, сигналы с выходов датчика весьма слабы и значительно меньше чувствительности большинства стереоусилителей. В связи с этим возникает необходимость в применении дополнительного согласующего устройства, создающего необходимое начальное смещение на чувствительных элементах и одновременно предварительно усиливающего сигналы. На

рис. 36 приведена принципиальная схема такого устройства. Его устанавливают с помощью резинового амортизатора на деке гитары вблизи датчика. Основой устройства являются два идентичных усилительных каскада, собранных на кремниевых транзисторах T_1 и T_2. Оба каскада охвачены глубокими обратными связями по току и напряжению, что обеспечивает высокое входное сопротивление и устойчивость работы их. Сбалансированная регулировка напряжений сигналов на входах каскадов осуществляется с помощью сдвоенного переменного резистора R_7R_8 группы В. Для упрощения цепей связи с основным стереоусилителем резисторы R_9 и R_{10} коллекторных нагрузок транзисторов T_1 и T_2 вынесены на печатную пла-

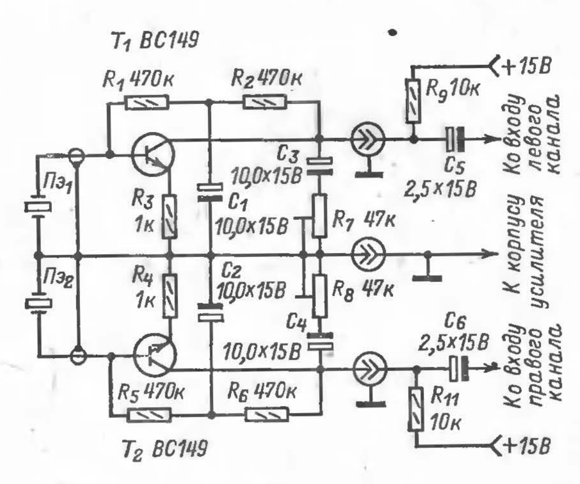


Рис. 36.

ту основного стереоусилителя, где они подключены к положительному полюсу стабилизированной цепи питания напряжением 15 В.

Применение в устройстве кремниевых транзисторов позволяет обойтись без дополнительных цепей поляризационного смещения для пьезоэлементов, так как датчик нормально работает при том постоянном напряжении, которое действует на базах транзисторов T_1 и T_2 относительно общего провода.

Пьезоэлектрические элементы РХЕ4 и РХЕ5 выпускаются фирмой «Филипс» и предназначены для использования в качестве датчиков давления, а также в различных фильтрах. Аналогичные по виду и свойствам элементы из титаната-цирконата свинца марки ТС-60в применяются в отечественных пьезомеханических фильтрах ПЧ типов ФП1П-011 — ФП1П-017. Транзисторы ВС149 имеют коэффициент $B_{ст}=180\div520$ и по своим параметрам близки к отечественным кремниевым транзисторам типов КТ315Г, КТ316Д. В устройстве возможно применение транзисторов с $B_{ст}=200$ и более.

Игра на стереофонической электрогитаре ничем не отличается от игры на обычной шестиструнной гитаре. Для обеспечения замет-

ного стереоэффекта важно правильно разместить акустические колонки и сбалансировать основной усилитель так, как это делают при воспроизведении стереофонических грамзаписей.

«Исказители» звука. Одним из замечательных достоинств электрогитары является неисчерпаемость оттенков ее звучания, которые выявляются в процессе совершенствования конструкции как самой гитары, так и прилагаемого к ней электронного оборудования ее. Среди уже известных приставок, обогащающих музыкальную палитру электрогитары, нашли широкое применение так называемые «исказители», или «распылители» звука. Называются они так потому, что с их помощью можно частично или полностью подавить основные колебания струн гитары, а вместо них создавать более высокие гармоники. При этом происходит искажение сигнала и как бы распыление энергии основных колебаний на их гармоники, что создает своеобразное звучание электрогитары.

На рис. 37 приведена принципиальная схема простейшего «исказителя», собранного всего на одном транзисторе и описанного в одном из английских радиожурналов. Звук здесь искажается при помощи регулируемого резонансного контура, образованного емкостью переходного конденсатора C_1 и катушкой индуктивности L_1. Последовательно с L_1 включен переменный резистор R_1, перемещая ползунок которого можно регулировать остроту резонанса и уровень гармоник на входе устройства.

Рис. 37.

Для изготовления «исказителя» по схеме рис. 37 можно использовать транзистор типа КТ315Г или КТ316Д. В качестве катушки индуктивности L_1 применяется первичная обмотка выходного трансформатора НЧ от карманного приемника. Питание производится от батареи типа «Крона-ВЦ». Размеры металлического корпуса приставки 25×38×64 мм.

Принципиальная схема «исказителя», показанная на рис. 38, опубликована на страницах чехословацкого радиолюбительского журнала. Устройство представляет собой четырехкаскадный усилитель НЧ на кремниевых транзисторах T_1—T_4. Первые три транзистора включены по схеме с общим эмиттером, последний — с общим коллектором. Усиление, даваемое «исказителем», настолько велико, что сигнал на коллекторе транзистора T_4 ограничивается по амплитуде. Между выходным разъемом и коллектором транзистора T_4 включены два германиевых диода $Д_1$ и $Д_2$, подавляющих слабые колебания.

«Исказитель» по схеме рис. 38 может быть собран на отечественных транзисторах КТ315Б — КТ315Г. Необходимый режим работы их по постоянному току устанавливается путем подбора номинала резистора R_2. В качестве источника питания может быть использована батарея 3336Л. Для устранения воздействия внешних наводок все элементы «исказителя» должны быть размещены внутри металлического корпуса. Диоды $Д_1$ и $Д_2$ могут быть типов

Д9Б—Д9Д или Д18, Д20. Включается «исказитель» между выходом датчика электрогитары и входом усилителя НЧ.

«Исказитель», изображенный на принципиальной схеме рис. 39, был впервые применен музыкальным ансамблем «Битлз». Кстати, успеху этого ансамбля у определенной группы молодежи в известной степени послужило широкое применение совместно с электрогитарами неизвестных ранее электронных приставок и устройств.

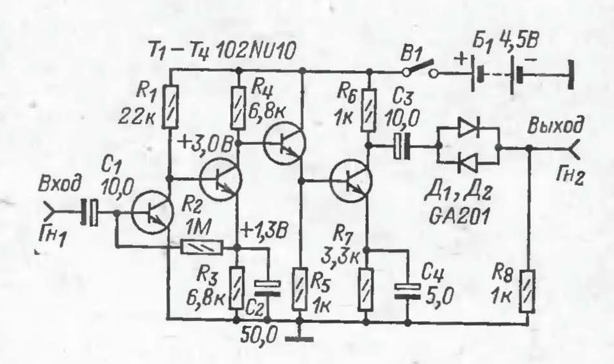


Рис. 38.

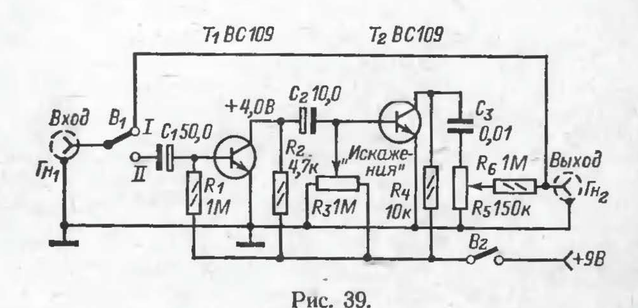


Рис. 39.

Как видно из рисунка, переключатель B_1 позволяет подключать выход датчика электрогитары либо непосредственно ко входу основного усилителя НЧ (положение *I*), либо через двухкаскадный «искажающий» усилитель на транзисторах T_1 и T_2 (положение *II*). Усиливаемый сигнал искажается путем изменения в широких пределах напряжения начального смещения на базе транзистора T_2. Регулировка этого смещения осуществляется при помощи переменного резистора R_3. Желаемый уровень выходного искаженного сигнала устанавливают переменным резистором R_5. Для выравнивания сигнала на выходе устройства при различных положениях переключателя B_1 ползунок переменного резистора R_5 соединен с разъемом «Выход» через ограничительный резистор R_6.

«Исказитель» по схеме рис. 39 может быть собран на транзисторах типа КТ312 или КТ315 с любыми буквенными индексами. Ре-

комендуемый режим работы транзистора T_1 по постоянному току устанавливают, подбирая номинал резистора R_1. Питание целесообразно производить от автономного источника, например батареи «Крона-ВЦ». В остальном конструкция данного устройства аналогична описанным выше «исказителям».

Значительно более широкими возможностями обладает «исказитель», описанный в американском радиожурнале. Принципиаль-

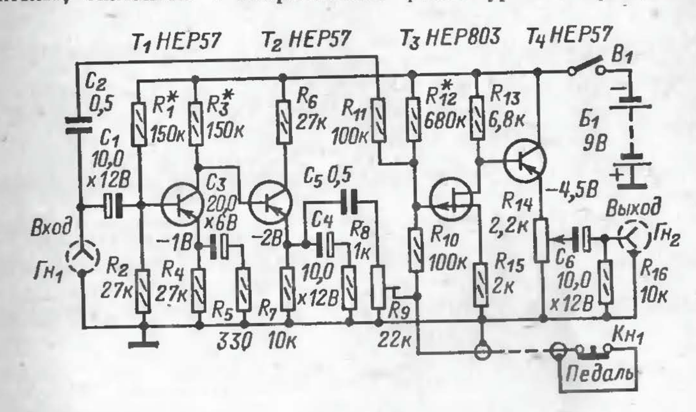


Рис. 40.

ная схема его приведена на рис. 40. В нем использованы четыре транзистора, причем три из них биполярные (T_1, T_2, T_4) и один полевой (T_3). Работает этот «исказитель» следующим образом. Выходной сигнал датчика электрогитары поступает на его вход и далее на затвор транзистора T_3 по двум путям: непосредственно через конденсатор C_2 и резистор R_{11} и через двухкаскадный усилитель НЧ на транзисторах T_1, T_2. Режим работы этих транзисторов установлен таким образом, что сигнал на эмиттере транзистора T_2 сильно искажен.

Сигнал с выхода усилителя на транзисторах T_1 и T_2 подается на переменный резистор R_9, являющийся регулятором глубины искажения. Далее искаженный сигнал через развязывающий резистор R_{10} поступает на затвор транзистора T_3, где складывается с неискаженным сигналом. Так как напряжения составляющих основного колебания сигнала, поступающие на затвор транзистора T_3 непосредственно от датчика и через усилитель, находятся в противофазе, то при помощи резистора R_9 можно установить такой уровень искаженного сигнала, при котором основные колебания будут подавлены, а останутся лишь их гармоники. В результате на выходе «исказителя» после регулятора громкости R_{14} будут присутствовать колебания, которых ранее не было в сигнале датчика.

Включают «исказитель» ножной педалью. При работе в обычном режиме (без искажения сигнала) ножная педаль замкнута и усилитель-ограничитель оказывается отключенным. При нажатии на педаль контакт размыкается и «исказитель» начинает работать. Положение переменного резистора R_9 выбирается при налаживании, а R_{14} регулируется в ходе выступления по мере надобности.

При изготовлении «исказителя» могут быть использованы транзисторы типов МП39Б (T_1), МП41 (T_2, T_4) и КП102Е или КП102Д (T_3). Оба потенциометра типа СПЗ-3 или СПЗ-4 группы А. Конденсаторы типа К50-3 или К50-6 (кроме C_2 и C_5, которые должны быть бумажными или керамическими, например, типа МБМ, напряжение 160 В). Источником питания может служить батарея «Крона-ВЦ» или две последовательно соединенные батареи 3336Л. Налаживание устройства сводится к подбору такого номинала резистора R_1, при котором постоянное напряжение на эмиттере транзистора T_2 без сигнала будет равно 2 В. Кроме того, возможно, что придется подобрать номинал или полностью исключить резистор R_{12}, если постоянное напряжение на эмиттере транзистора T_4 при наличии этого резистора не равно 4,5 В.

Следует учесть, что для нормальной работы описанного «исказителя» входное напряжение сигнала должно быть равно 50—100 мВ. Наилучший режим соответствует входному напряжению 70 мВ. Если выходное напряжение датчика меньше указанной величины, то необходимо между его выходом и входом «исказителя» включить дополнительный усилительный каскад, собранный, например, по схеме рис. 37. Такое сочетание искажающих каскадов позволит разнообразить звучание электрогитары и получить заметное усиление сигнала.

11. ПРОСТЫЕ ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

В настоящее время известно большое число разнообразных по устройству и звучанию электромузыкальных инструментов. О некоторых из них хорошо осведомлены широкие круги радиолюбителей и музыканты, о других знает лишь ограниченный круг специалистов. Есть простейшие инструменты, собранные всего на одном транзисторе, но существуют и такие, которые по сложности своего устройства могут соперничать с электронными вычислительными машинами. В этом параграфе мы будем рассматривать только относительно простые электромузыкальные инструменты, рассчитанные на повторение начинающими радиолюбителями и электромузыкантами. Часть описываемых инструментов больше напоминает собой транзисторизованные игрушки. Но так или иначе принципы, на которых основано действие этих инструментов, являются основополагающими для более сложных и совершенных инструментов, приборов и средств автоматики.

Электронный орган на однопереходном транзисторе. Одним из новых и перспективных в любительской практике полупроводниковых приборов является однопереходный транзистор [3]. Наиболее часто подобные транзисторы используют в разного рода задающих генераторах, где частоту генерации можно менять в очень широких пределах путем изменения сопротивления или емкости в цепи эмиттера. Это свойство генераторов на однопереходных транзисторах использовано в простейшем электронном органе, принципиальная схема которого приведена на рис 41. Здесь транзистор T_1 включен в автогенератор электрических колебаний, частота которого изменяется при нажатии какой-либо из клавиш *А—З*, которые соединяют переменные резисторы R_4—R_{11} с эмиттером однопереходного транзистора T_1. Частоту генерируемых колебаний, а следовательно, тон звучания можно регулировать путем соответствующей подстройки этих резисторов.

«Электронный орган» по схеме рис. 41 не имеет ни усилителя мощности, ни громкоговорителя, необходимого для создания звуковых колебаний. Поэтому его нужно присоединять хотя бы к гнездам для подключения звукоснимателя, имеющимся в каждом радиовещательном приемнике. В качестве транзистора T_1 наиболее подходит отечественный однопереходный транзистор КТ117. Источником питания могут служить две последовательно соединенные батареи 3336Л. В журнале американских радиолюбителей, где описан этот «электронный орган», указано, что он может быть использован не только как занимательная игрушка, но с большой практической пользой в качестве многоканального сигнального устройства, например электрического звонка. При этом сигналы различаются не по числу звонков, а по тону сигнала, зависящему от нажатия той или иной клавиши.

Рис. 41.

Электронная канарейка. С давних времен канарейки радуют своим пением любителей природы. Но содержание канареек в домашних условиях требует определенного искусства и терпения. Видимо, по этим причинам в Японии и США появились в продаже искусственные канарейки, внешне очень похожие на настоящих и издающие трели, близкие к пению натуральных канареек. Источником этого пения являются миниатюрные транзисторные генераторы электрических колебаний специальной формы, которые при воспроизведении через динамическую головку имитируют пение настоящих канареек. Электронная канарейка имеет небольшие размеры и размещается в поддоне клетки, внутри которой помещается чучело или муляж птицы.

На рис. 42 приведена принципиальная схема электронной канарейки. Следует указать, что полярность включения электролитического конденсатора C_1 указана правильно, так как она в данном устройстве определяется характерными процессами, происходящими в нем, а не полярностью источника питания.

Устройство, показанное на рис. 42, представляет собой блокинг-генератор на транзисторе T_1, время работы которого определяется полупериодом частоты повторения колебаний мультивибратора на транзисторах T_1 и T_2, а частота плавно меняется за время рабочего цикла блокинг-генератора.

Для изготовления канарейки с транзисторным оборудованием по схеме рис. 42 можно использовать транзисторы КТ315 (T_1) и МП37 или МП38 (T_2). Оригинальные образцы электронных канареек питаются от четырех последовательно соединенных элементов 316. Конденсатор C_1 может быть типа К50-6 на рабочее напряжение не менее 10 В. Резистор R_8 проволочный, самодельный. Его сопро-

тивление подбирается опытным путем. При этом следует учесть, что с уменьшением этого сопротивления растет выходная мощность, но зато увеличивается влияние параметров громкоговорителя на частоту блокинг-генератора, что нежелательно.

Налаживание устройства несложно и сводится в основном к установке при помощи переменного резистора R_7 желаемой частоты повторения трелей. Для удобства эксплуатации электронной канарейки рекомендуется разместить все элементы электронного устройства в пластмассовом корпусе с отверстиями для диффузора динамической головки и оси резистора R_7.

Рис. 42.

Карманная гавайская гитара. Многим знакомо своеобразное звучание музыкальных произведений, исполняемых на гавайских гитарах. Те, кто имеет представление о транзисторной технике, могут сделать себе малогабаритный электромузыкальный инструмент, с помощью которого любое низкочастотное устройство (например, радиоприемник) сможет издавать звуки, весьма близко напоминающие характерное звучание гавайской гитары. Вследствие своей простоты аппарат перекрывает всего две октавы.

В этом, конечно, он уступает настоящей гавайской гитаре, но зато занимает мало места. Собрать и наладить карманную гавайскую гитару может даже начинающий радиолюбитель. На рис. 43 приведена принципиальная схема такой гитары. Она работает следующим образом. Транзисторы T_1 и T_2 образуют задающий генератор, частота которого регулируется переменным резистором R_1 («Тон»). Кроме того, она дополнительно модулируется по частоте колебаниями второго генератора на транзисторе T_3 (частота этих колебаний равна 6 Гц).

Модулированное по частоте напряжение задающего генератора, снимаемое с эмиттеров транзисторов T_1 и T_2, поступает через резистор R_{11} на эмиттер транзистора T_4. База последнего соединена непосредственно с общим проводом питания через резистор R_{16} и конденсатор C_6, а также через резистор R_{15} и выключатель B_1 («Игра») с плюсом питания. Выключатель B_1 нормально разомкнут, напряжение смещения на базе транзистора T_4 равно нулю и транзистор T_4 закрыт. В результате выходное напряжение сигнала на коллекторе транзистора T_4 отсутствует.

При включении B_1 конденсатор C_6 начинает заряжаться через резистор R_{15}, вследствие чего появляется напряжение смещения на базе транзистора T_4. По мере заряда C_6 оно начинает увеличиваться, сначала быстро, потом медленно, пока не достигнет своего предела, равного отношению сопротивления резистора R_{16} к сумме сопротивлений резисторов R_{15} и R_{16}. Именно в результате плавного

изменения смещения на базе транзистора T_4 частотно-модулированные колебания задающего генератора получают специфическую окраску.

Время установления колебаний на выходе устройства зависит от сопротивления резистора R_{16} и при его значении, указанном на рис. 43, составляет 1,5—2 с. При желании это время можно менять, подбирая номинал резистора R_{16}, который целесообразно заменить переменным сопротивлением 510 кОм.

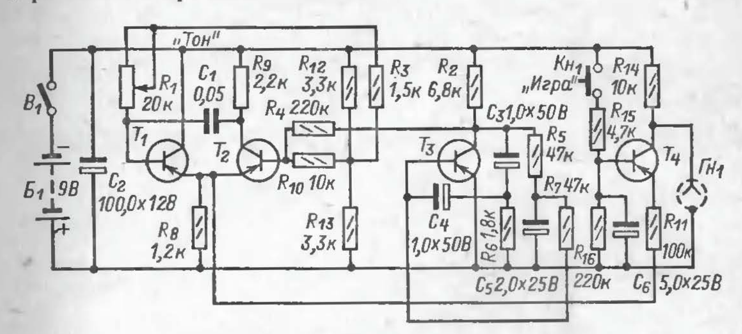


Рис. 43.

Резистор R_4 регулирует глубину частотной модуляции, т. е. глубину вибраций. На время налаживания его также рекомендуется заменить переменным резистором сопротивлением 510 кОм. Частота модуляции может быть скорректирована путем замены резистора R_6 переменным с сопротивлением 2—3 кОм.

Шкалу переменного резистора R_1 («Тон») калибруют по музыкальным нотам, начиная от «си», используя в виде эталона настройки пианино или другой музыкальный инструмент. Процесс игры на описываемом «инструменте» несложен. Включают питание, выход устройства соединяют экранированным проводом с гнездами звукоснимателя приемника или со входом специального усилителя НЧ. Далее нажимают кнопку «Игра» и, вращая ручку «Тон», устанавливают желаемую тональность звучания. Громкость его регулируют органами управления усилителя НЧ или приемника, совместно с которыми используется инструмент. Мелодию подбирают, изменяя время нажатия на кнопку «Игра» и одновременно вращая с той или иной скоростью ручку «Тон».

При изготовлении карманной гавайской гитары могут быть использованы транзисторы типа МП40 или МП41 с любыми последующими буквенными индексами. В качестве источника питания целесообразно использовать две последовательно соединенные батареи 3336Л. Все детали инструмента во избежание действия внешних наводок должны быть размещены в металлическом корпусе.

Описанные выше электромузыкальные инструменты с успехом могут быть применены на различных детских концертах, в походах и для художественной самодеятельности. Здесь может оказаться полезным также еще один электромузыкальный инструмент, описываемый ниже.

Электронный контрабас. Трудно контрабасисту. Его музыкальный инструмент высотой в рост человека ограничивает возможности перемещения исполнителя и пользования общественным транспортом, является темой различных юмористических рассказов. Вспомните, например, рассказ А. П. Чехова «Любовь с контрабасом».

Несмотря на всю свою громоздкость и внешнюю неуклюжесть, контрабас наряду с ударными является одним из ведущих инструментов практически любого эстрадного оркестра.

Но размеры контрабаса можно уменьшить, если выполнить его в виде электронного устройства. Электронный контрабас без труда

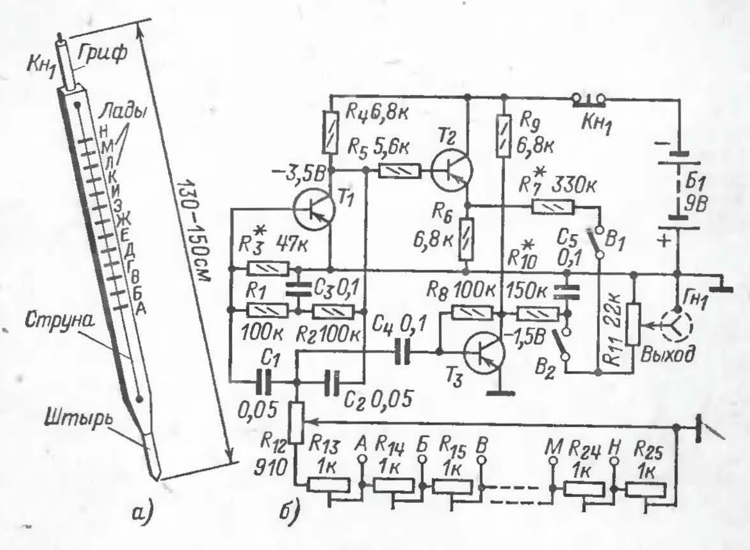


Рис. 44.

можно будет брать с собой всюду, где он только потребуется. Для питания такого контрабаса можно использовать малогабаритную гальваническую батарею, а если понадобится озвучить просторные помещения, присоединить его к НЧ тракту обычного приемника или радиолы.

Электронный контрабас не может полностью заменить настоящий хотя бы потому, что он перекрывает только одну октаву, в то время как обычный две с половиной, но зато простота и доступность изготовления, а также небольшие размеры делают его весьма привлекательным для первых опытов с электромузыкальными инструментами.

На рис. 44 даны эскиз внешнего вида и принципиальная схема электронного контрабаса, описанного на страницах радиолюбительского журнала США.

Внешне электронный контрабас представляет собой (рис. 44, *а*) склеенный из тонких досок стержень с натянутой вдоль его продольной оси единственной металлической струной, перпендикулярно

которой размещены 13 узких металлических полосок (ладов). Металлическая струна и лады являются элементами переключателя частот колебаний, генерируемых электронным устройством, показанным на рис. 44, *б*. Как видно из него, струна и лады соединены проводниками с соответствующими резисторами генератора контрабаса, вследствие чего при замыкании струны на тот или иной лад происходит изменение тональности звучания инструмента. Генератор электронного устройства контрабаса (рис. 44, *б*) собран на транзисторе T_1 и охвачен отрицательной обратной связью, осуществляемой двойным Т-мостом, состоящим из деталей R_1, R_2, C_3 и C_1, C_2, R_{12}—R_{25}. Последовательно соединенные подстроечные резисторы R_{13}—R_{25} включены так, как это показано на рис. 44, *б*, и в порядке, указанном на рис. 44, *а*. Струна контрабаса подключена к R_{25} и общему проводу (земле). Замыкание струны на лады приводит к изменению сопротивления в цепи одного из двух мостов отрицательной обратной связи, что вызывает изменение частоты генерируемых колебаний.

В составе электронного устройства контрабаса имеются еще два каскада. Один, на транзисторе T_2, служит для неискаженного усиления генерируемых колебаний; другой, на транзисторе T_3 — для усиления и сильного искажения сигнала подобно тому, как это сделано в описанных ранее «исказителях». Переключатели B_1 и B_2 позволяют получить различные режимы работы электронного контрабаса, а именно, когда включен только переключатель B_1, на выходе устройства действует чистый неискаженный сигнал. При включении только переключателя B_2 на выходе устройства действует сильно искаженный сигнал и, наконец, когда включены оба переключателя (B_1 и B_2), на выходе действуют гармоники и частично подавленный основной сигнал. Относительные уровни искаженного и неискаженного сигналов устанавливают, подбирая сопротивления резисторов R_{10} и R_7 соответственно.

В устройстве по схеме рис. 44, *б* могут быть использованы транзисторы типа МП41А или МП42Б с коэффициентом $B_{ст}=40\div60$ и более, постоянные резисторы типа ВС-0,125 или МЛТ-0,25, МЛТ-0,5, переменные R_{11} типа СПЗ-3 группы А или В сопротивлением 20—30 кОм, R_{13}—R_{25} типа СПО или СПЗ-4а группы А сопротивлением 1,0—1,5 кОм, конденсаторы типа МБМ на напряжение 160 В. Источником питания могут служить две последовательно соединенные батареи 3336Л или одна батарея «Крона-ВЦ».

Детали монтируют на двух платах: переменные резисторы R_{13}—R_{25} — на металлической, транзисторы, конденсаторы и остальные резисторы — на плате из фольгированного текстолита или гетинакса. Обе платы устанавливают в корпусе контрабаса с задней стороны его, при этом желательно, чтобы к осям переменных резисторов был свободный доступ. Выход устройства подключают ко входу усилителя НЧ или гнездам звукоснимателя приемника посредством гибкого экранированного кабеля длиной 3—4 м, имеющего на обоих концах однополюсные или унифицированные вилки.

Лады контрабаса изготовляют из латунных или жестяных пластинок шириной 10 мм и располагают в верхней части корпуса инструмента с интервалом 40—50 мм. Общая высота контрабаса (рис. 44, *а*), включая штырь, должна быть по плечо исполнителю, т. е. примерно 130—150 см.

Налаживание электронного контрабаса начинают с тщательной проверки соединений деталей и проводников, полярности включения

Таблица 7

Лад контрабаса	Частота, Гц	Нота		Лад контрабаса	Частота, Гц	Нота	
		Название	Октава			Название	Октава
А	130,8	*до*	Малая	*З*	87,3	*фа*	Большая
Б	123,5	*си*	Большая	*И*	82,4	*ми*	То же
В	116,5	*си*	То же	*К*	77,8	*ми*	» »
Г	110,0	*ля*	» »	*Л*	73,4	*ре*	» »
Д	103,8	*ля*	» »	*М*	69,3	*до*	» »
Е	98,0	*соль*	» »	*Н*	65,4	*до*	» »
Ж	92,5	*фа*	» »				

батареи. Затем выход устройства подключается ко входу усилителя НЧ и нажатием кнопки $Кн_1$, размещенной в верхней части грифа инструмента, включается питание. Если при этом в громкоговорителе будет слышен звук низкой частоты, громкость которого меняется при вращении ползунка переменного резистора R_{11}, то это будет свидетельствовать о том, что генератор работает. При отсутствии звука необходимо проверить исправность транзисторов и соответствие режимов работы их по постоянному току требуемым значениям. В случае отклонения более чем на ±15% необходимо подобрать сопротивление резистора R_3 или заменить транзистор T_1.

Контрабас настраивают на основные тона звучания, включив только переключатель B_1 и используя в качестве эталона хорошо настроенный рояль или пианино. Сначала струну прижимают к ладу *А*, ударяют на рояли по клавише ноты до малой октавы и переменным резистором R_{13} добиваются одинакового звучания рояля и контрабаса. Затем струну прижимают к последующим ладам в алфавитном порядке и, ударяя на рояли по клавишам нот, перечисленных в табл. 7, ведут соответствующими переменными резисторами дальнейшую настройку контрабаса. Очевидно, что для нее нужно иметь хороший музыкальный слух и знать музыкальную грамоту.

Окончив настройку на основные тона, подбирают такой номинал резистора R_7, при котором соединенный с контрабасом усилитель НЧ (или приемником) отдает полную мощность при нахождении ползунка переменного резистора R_{11} в положении максимума громкости. Затем, не выключая B_1, включают переключатель B_2 и, подбирая сопротивление резистора R_{10}, добиваются желаемого оттенка звучания электронного контрабаса. Налаживание заканчивают проверкой качества звучания при включении только переключателя B_2. Игра на «электронном контрабасе» несложна и доступна многим.

12. ЦВЕТОАКУСТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

В последние годы появились различные цветоакустические устройства, создающие разноцветные световые эффекты в такт и в тон с мелодиями воспроизводимой музыкальной программы. За рубежом такие устройства называют «Цветовыми органами», «Танцевальными огнями», «Рэтмиконами». Наиболее простые устройства выполняют в виде приставок, подключаемых к выходу приемника, радиолы, магнитофона или электрофона.

Основные принципы построения цветоакустических установок, описание сложных и высокоэффективных устройств изложены в [2]. Здесь будут описаны только две простейшие приставки, демонстрирующие принципы и возможности цветоакустики.

Работа цветоакустических установок основана на изменении цвета и яркости свечения осветительных приборов в такт с изменением тона и громкости звучания акустической установки. Принято считать, что звуковым сигналам басовой группы, занимающей полосу частот до 150—200 Гц, должен соответствовать красный цвет, средним частотам (200—1000 Гц) — желтый или зеленый, а высшие частоты (выше 1000 Гц) обычно связывают с синим или голубым цветом. Нередко встречается четырехканальное разделение света, когда самые высшие частоты (более 4—5 кГц) соответствуют фиолетовому цвету. Яркость свечения осветительных приборов каждого цвета должна быть пропорциональна громкости звука в соответствующей полосе частот.

В соответствии с изложенным цветоакустическая установка должна содержать многоканальный фильтр, разделяющий воспроизводимую полосу низких частот на три или четыре канала, а также три или четыре усилительных устройства, обеспечивающих изменение яркости свечения осветительных приборов различного цвета. Наибольшее распространение получили цветоакустические установки, усилительная часть которых выполнена на транзисторах или тиристорах.

Цветоакустическая установка на транзисторах. На рис. 45 приведена принципиальная схема цветоакустической приставки к приемнику или электрофону. Приставка содержит три транзистора, включенных по схеме с общим эмиттером. Коллекторной нагрузкой каждого каскада является гирлянда, состоящая из нескольких (на рис. 45 трех) однотипных электроламп, стеклянные баллоны которых окрашены соответственно в красный, желтый и синий цвета. Лампы гирлянд размещены в произвольном порядке под матовым экраном панели и приставки.

Частоты сигнала разделяются с помощью простейших RC-фильтров: высшие частоты проходят через фильтр R_4C_1, средние — через $C_2R_2C_4R_5$, низшие — через $C_3R_3R_6C_5$. Общая яркость свечения гирлянд регулируется переменным резистором R_1, подключенным параллельно выходу акустической установки, совместно с которой работает приставка. Приставка питается тремя выпрямителями, собранными на диодах $Д_1 — Д_3$ и $Д_4 — Д_6$, присоединенных к одной и той же обмотке *II* понижающего силового трансформатора Tp_1, имеющей отвод от середины. Применение индивидуальных выпрямителей позволяет довести максимальный коллекторный ток каждого транзистора до 600—800 мА при использовании самых распространенных и доступных выпрямительных диодов типов Д7Б — Д7Д или Д226А — Д226Д.

Особенностью работы усилительных каскадов на транзисторах $T_1 — T_3$ является то, что они имеют относительно небольшие токи покоя коллекторов (10—20 мА) для обеспечения такого режима работы класса В, при котором значение постоянного тока через транзистор колеблется в такт с изменением уровня входного сигнала. Если бы ток покоя транзисторов был бы очень большим, то тогда каскады работали бы в режиме класса А, при котором ток практически не изменяется и яркость свечения электроламп была бы постоянной. Начальное смещение на базах транзисторов определяют

делители напряжения R_4R_7, R_5R_8, R_6R_9, включенные между коллектором и эмиттером соответствующего транзистора.

При повторении конструкции приставки в ней можно использовать транзисторы типов П4Б — П4Д или П213 — П217 с коэффициентом $B_{ст} = 25 \div 30$ и более. Все транзисторы должны иметь дополнительные теплоотводы, обеспечивающие длительную работу приставки с максимальной яркостью свечения электроламп, работающих в каждом канале. Диоды, как уже было сказано выше, могут быть типа Д7 или Д226 с любыми последующими буквенными индексами. Однако лучшие результаты получаются при использовании более

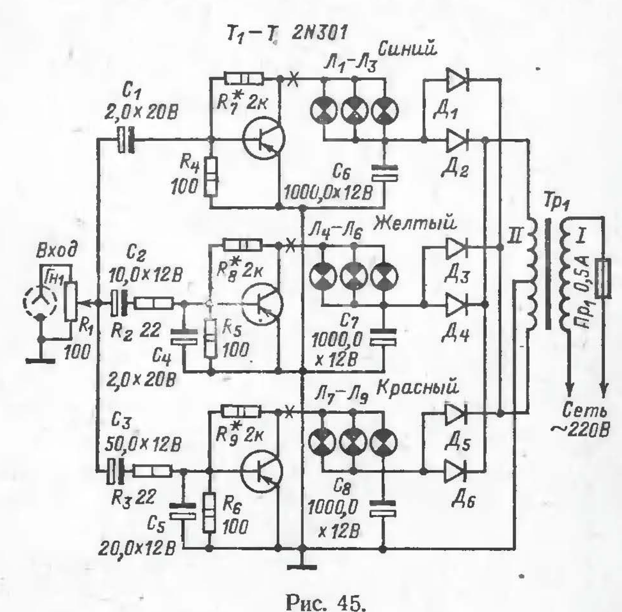


Рис. 45.

мощных выпрямительных диодов типа Д242, которые позволяют увеличить ток транзисторов до 2—3 А в каждом канале.

Конденсаторы C_1—C_5 типа К50-3 или К50-6 на рабочее напряжение 6 В, а C_6—C_8 тех же типов, но на напряжение не менее 12—15 В и емкостью 500—1000 мкФ. В крайнем случае можно применить конденсаторы емкостью 200—300 мкФ.

Лампы гирлянд могут быть на напряжение 3,5 В; 6,3 В; 12 В. В случае применения сигнальных ламп 3,5 В×0,2 А или 12 В×0,15 А в каждой гирлянде можно включить по четыре однотипные лампы. Если применяются сигнальные лампы 6,3 В×0,22 А, то только три. Можно также включить по две автомобильные лампы 12 В×3 кд или одну лампу 12 В×6 кд. В случае применения диодов типа Д242 количество и мощность сигнальных и автомобильных ламп могут быть увеличены в 3—4 раза. Во всех случаях окраску баллонов ламп целесообразно производить цапонлаком соответствующего цвета.

Трансформатор Tp_1 может быть самодельным или стандартным, на мощность не менее 30—40 Вт. Для этой цели подойдет трансформатор от лампового приемника II — IV классов, у которого имеются две одинаковые накальные обмотки на 6,3 В. Эти обмотки соединяют последовательно; они обеспечивают работу приставки, где применены лампы с напряжением 6,3 В. В случае применения ламп напряжением 3,5 и 12 В трансформатор перематывают, при этом вторичную (повышающую) обмотку исключают. Количество витков понижающих обмоток должно обеспечивать напряжение 3,5 или 12 В на каждой обмотке. Приближенно можно считать, что в одном случае количество витков необходимо убавить, а в другом увеличить примерно в 2 раза.

Конструктивно гирлянды помещают за экраном размерами 240×490 мм из матового или ребристого стекла (силикатного или органического). Экран вместе с электронным устройством приставки устанавливают в корпусе размерами 200×250×500 мм из декоративной фанеры. Размещение ламп из гирлянд различного цвета может быть произвольным или концентрированным. При первом варианте порядок расположения ламп определяется экспериментальным путем. При втором варианте следует учитывать положение корпуса приставки при эксплуатации. Если корпус расположен вертикально, красные лампы должна быть внизу, желтые в середине, а синие вверху. Когда корпус находится в горизонтальном положении, цвета должны следовать в той же очередности, но слева направо.

Налаживание сводится к подбору таких сопротивлений резисторов R_7 — R_9, которые обеспечивают сочное свечение ламп, дающее разнообразную гамму цветов. Если на экране преобладает какой-либо один цвет (например, красный), то необходимо увеличить сопротивление резистора R_9. Наоборот, если какого-то цвета явно не хватает (например, желтого), то требуется уменьшить сопротивление резистора R_5. В дальнейшем, в процессе эксплуатации приставки соотношение цветов будет зависеть от частотных свойств прослушиваемой программы, а также от положений регуляторов громкости и тембра приемника или магнитофона.

Как показывает практика, цветоакустические установки на транзисторах очень чувствительны к перегрузкам и требуют аккуратного обращения с ними. Нередко бывают случаи, когда в результате длительного перегрева транзисторы выходят из строя. В ряде конструкций с целью устранения возможности перегрева применяется дополнительная вентиляция, но повысить надежность работы установки и значительно увеличить мощность свечения по каждому каналу можно также, если собрать электронное устройство установки на тиристорах.

Цветоакустическая установка на тиристорах. На рис. 56 приведена принципиальная схема простейшей цветоакустической приставки, выполненной на трех тиристорах и питаемой от сети. Для повышения входного напряжения и развязки соединительного кабеля от напряжения сети вход приставки подключается к выходу усилителя НЧ через разделительный повышающий трансформатор Tp_1, в качестве которого рекомендуется использовать выходной трансформатор от транзисторного приемника, включив его вторичную обмотку на вход.

Установка, собранная по схеме рис. 46, может обеспечить одновременную работу трех цветовых каналов (красного, зеленого и голубого) при использовании в каждом из них по одной лампе мощ-

ностью 100 Вт. Столь большие мощности и высокое напряжение сети требуют принятия дополнительных мер предосторожности при налаживании приставки и работе с ней. Конденсаторы должны быть рассчитаны на рабочее напряжение не менее 200 В. Тиристоры, используемые в данном устройстве в качестве управляемых выпрямителей, должны выдерживать обратные напряжения по крайней мере в 1,5—2 раза больше, чем напряжение питания. Допустимый ток тиристоров должен быть не менее максимального тока, потребляемого всеми лампами каскада, т. е. в данном случае не менее 1 А при напряжении сети 127 В и 0,5 А — при 220 В.

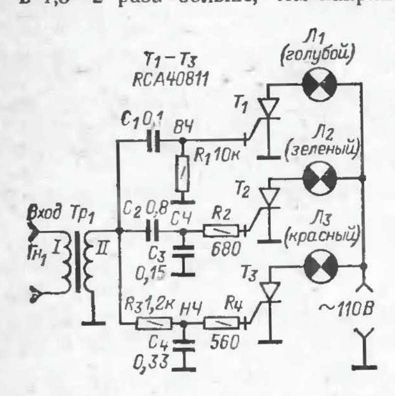


Рис. 46.

В приставке, выполняемой по схеме рис. 46, рекомендуется использовать тиристоры типа КУ202И либо КУ202Л, КУ202Н (при напряжении сети 127 В) или КУ202Н (для 220 В). В крайнем случае можно использовать тиристоры типов КУ202Б, КУ202В или КУ202Г, допускающие обратное напряжение соответственно 25, 50 и 100 В, но при этом потребуются применение дополнительного понижающего трансформатора или автотрансформатора в сети питания и замена ламп. Но даже при таком усложнении схемы приставки ее возможности значительно шире, чем у аналогичных транзисторных устройств. При этом нужно учитывать, что долговечность работы тиристоров обеспечивается лишь при использовании дополнительных теплоотводов.

Глава четвертая

РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

13. АНТЕННЫЕ УСИЛИТЕЛИ

Антенные усилители применяют для увеличения дальности приема теле- и радиопередач, причем наибольший эффект дает применение антенных усилителей совместно с приемниками невысокого класса, чувствительность которых не ограничена внутренними шумами. В качестве антенных следует применять широкополосные апериодические усилители высоких и сверхвысоких частот. Это позволит принимать сигналы многих радиовещательных и телевизионных станций без каких-либо переключений в самом антенном усилителе.

На рис. 47 изображена принципиальная схема простого антенного усилителя для радиовещательного приемника II или III класса с диапазонами длинных, средних и коротких волн (ДВ, СВ и КВ). Этот усилитель описан в журнале чехословацких радиолюби-

телей и собран на трех кремниевых высокочастотных транзисторах. Усилитель обеспечивает равномерное усиление напряжения сигнала на входе приемника в 3—4 раза (на 10—15 дБ) и требует для своей работы постоянного напряжения 9—12 В при потребляемом токе не более 8 мА.

Особенностью усилителя является включение первого каскада на транзисторе T_1 по схеме с общим эмиттером, а двух других (тран-

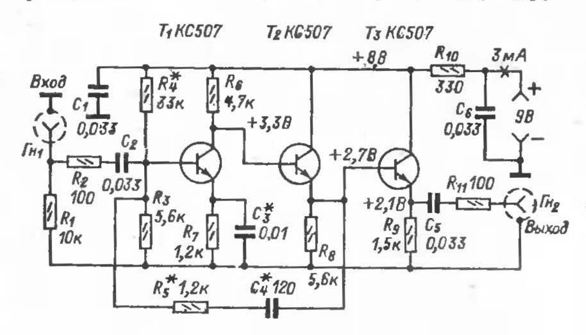


Рис. 47.

зисторы T_2 и T_3) — по схеме с общим коллектором. Это сделано для повышения устойчивого усиления при колебаниях напряжения питания и температуры окружающего воздуха. Выравнивание усиления на различных диапазонах достигается применением двух общих отрицательных обратных связей (цепи R_5C_4 и R_7C_3). Использование транзисторов с большой граничной частотой позволяет получить нужное усиление при непосредственной связи между транзисторами без применения катушек индуктивности. При этом усиление на самых низких частотах выравнивается в результате влияния емкостного сопротивления конденсатора C_3, а на самых высоких, т. е. на коротких, волнах ввиду действия цепочки R_5C_4.

В усилителе можно применить транзисторы КТ315В или КТ315Г, резисторы типа ВС-0,12 или МЛТ-0,25 и конденсаторы типа КЛС-1 (кроме C_4, который должен быть типа КТ-1а). Усилитель собирают на печатной плате с размерами 40×60 мм. Плату заключают в металлический экран для устранения действия на усилитель различных наводок. Питание его осуществляется от гальванической батареи, когда он находится в помещении, рядом с приемником, либо от выпрямителя с хорошим подавлением пульсации, если усилитель размещается вблизи наружной антенны.

Налаживание усилителя сводится к подбору сопротивления резистора R_4, при котором обеспечиваются указанные на рис. 47 режимы работы транзисторов. В случае большой неравномерности усиления на различных диапазонах необходимо подобрать детали цепей обратных связей, указанных выше.

На рис. 48 приведена принципиальная схема простого широкополосного апериодического антенного усилителя, предназначенного для значительного улучшения чувствительности несложных всеволновых приемников и приемников коротковолновиков-наблюдателей. Усилитель выполнен на транзисторах T_1 и T_2. Его вход может быть

подключен к комнатной антенне или фидеру наружной антенны, а выход — к антенному гнезду основного приемника. При работе от фидера используется дополнительная катушка индуктивности L_1, которая вместе с конденсатором C_1 и резистором R_2 образует дополнительный согласующий фильтр. Наружная антенна должна иметь грозовую защиту. Волновое сопротивление фидера наружной антенны может быть в пределах от 100 до 500 Ом. Полоса усиливаемых частот перекрывает диапазон длинных, средних и коротких волн вплоть до 30 МГц. Широкополосность усилителя обусловлена применением в нем транзисторов с граничной частотой более 200 МГц и наличием корректирующего дросселя L_2, а также действием отрицательной обратной связи (цепь R_8C_5).

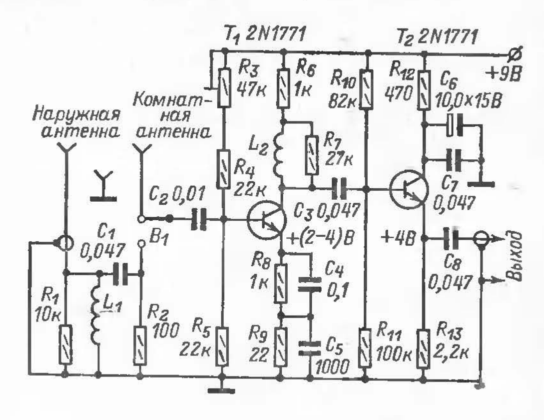


Рис. 48.

Антенный усилитель, изображенный на схеме рис. 48, описан на страницах журнала американских радиолюбителей и рассчитан на использование в нем транзисторов, выпускаемых в США. Но его можно собрать на отечественных транзисторах КТ315Г или КТ336 с любыми буквенными индексами. Индуктивность катушек должна быть равна 1 мГ для L_1 и 200 мкГ для L_2. В случае возникновения самовозбуждения на коротких волнах необходимо включить параллельно резистору R_{10} дополнительный конденсатор емкостью 20 пФ.

Налаживание этого усилителя заключается в подборе такого ползунка переменного резистора R_3, при котором наблюдается наиболее равномерное улучшение чувствительности приемника на всех диапазонах.

На рис. 49 приведена принципиальная схема антенного усилителя для телевизионного приемника, работающего на 6—12 каналах, т. е. в полосе частот 150—210 МГц, и усиливающего сигнал в среднем на 18—20 дБ. В усилителе использованы три транзистора, включенных по схеме с общим эмиттером и резистивно-емкостной межкаскадной связью. Эти транзисторы имеют граничную частоту около 1000 МГц и дают усиление 5—7 дБ на частоте 500 МГц.

Усилитель собран на монтажной плате размерами 50×80 мм. Размещение всех деталей должно геометрически повторять начертание принципиальной схемы рис. 49. В случае необходимости полоса пропускания усилителя может быть смещена в сторону более низших частот. Сделать это можно путем увеличения емкости переходных (C_1, C_3, C_5, C_7) и шунтирующих (C_4, C_6, C_8) конденсаторов примерно в одно и то же число раз, но не более трех. При этом усиление сигнала должно возрасти дополнительно на 4—6 дБ. Дальнейшее уменьшение частоты усиливаемых сигналов может вызвать самовозбуждение усилителя.

Антенный усилитель, схема которого дана на рис. 49, был неоднократно описан на страницах радиолюбительских журналов Франции, США, Бразилии и ряда других стран. Он рассчитан на применение транзисторов, выпускаемых в США, но его можно собрать на

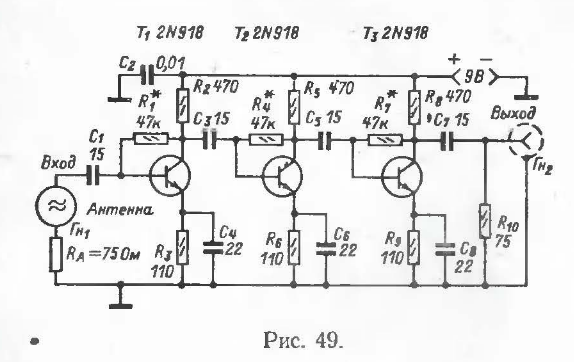


Рис. 49.

отечественных транзисторах типов КТ325А—КТ325В или ГТ311Е, ГТ341А.

Конденсатор C_2 может быть типа КЛС-1, все остальные — КТ-1а. Режим работы транзисторов T_1—T_3 устанавливают, подбирая сопротивления резисторов R_1, R_4, R_7 соответственно.

Усилитель может работать при напряжении питания от 4,5 до 12 В, причем, когда это напряжение равно 9 В, он потребляет ток около 30 мА, т. е. примерно 10 мА на каскад.

14. КОРОТКОВОЛНОВЫЕ ПРЕСЕЛЕКТОРЫ

Преселекторами называют устройства, включаемые на входе приемника для улучшения его избирательности по всем каналам: соседним, зеркальным и перекрестным. Этим преселекторы отличаются от рассмотренных выше антенных усилителей, которые лишь повышают напряжение сигнала. Наиболее часто преселекторы применяют коротковолновики для улучшения отстройки от помех.

На рис. 50 дана принципиальная схема преселектора, предназначенного для повышения избирательности приемника коротковолновика-наблюдателя на всех КВ диапазонах, используемых радиоспортсменами: 10, 14, 20, 40 и 80 м. Преселектор представляет собой каскодный усилитель, собранный на полевых транзисторах T_1 и T_2, ко входу и выходу которого присоединены резонансные контуры, перестраиваемые в полосе соответствующего диапазона. Переключение диапазонов производится переключателем B_1, плавная настройка в пределах диапазона — сдвоенным блоком конденсаторов пере-

менной емкости (C_6C_{11}). Для защиты транзисторов преселектора от перегрузки при работе своего передатчика или попадания грозовых разрядов на антенный вход подключены два кремниевых диода ($Д_1$ и $Д_2$).

Применение полевых транзисторов в преселекторах и вообще во входных каскадах приемников имеет ряд преимуществ перед использованием обычных биполярных транзисторов. Здесь наиболее полно проявляются такие положительные качества полевых транзисторов, как высокое входное и выходное сопротивления, позволяющие подключать к ним резонансные контуры непосредственно, а также значительно меньший уровень перекрестных помех, которые возникают

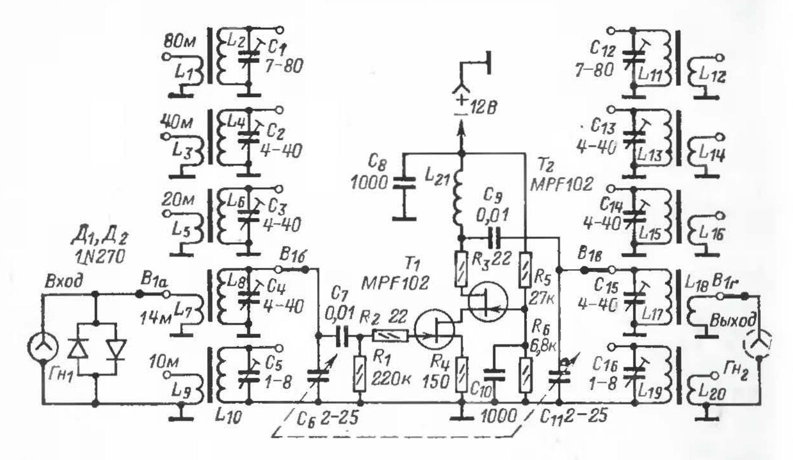


Рис. 50.

в любом усилителе при одновременном усилении слабого сигнала и мощных помех.

Преселектор по схеме рис. 50 выполнен в виде самостоятельного блока, помещенного в металлический корпус с внешними размерами 75×125×175 мм, рассчитан на питание от источника постоянного напряжения 12 В и может дополнительно усилить сигнал примерно на 20 дБ в каждом диапазоне. Детали преселектора размещены на печатной плате размерами 100×125 мм. На переднюю панель корпуса блока выведены ручки переключателя диапазонов и плавной настройки. Высокочастотные разъемы $Гн_1$ («Вход») и $Гн_2$ («Выход») находятся на задней стенке корпуса.

Все катушки индуктивности преселектора намотаны на кольцевых ферритовых сердечниках с внешним диаметром 7—10 мм. Применение кольцевых сердечников позволяет значительно уменьшить внешние поля катушек и тем самым повысить устойчивость работы устройства. Моточные данные катушек приведены в табл. 8.

Согласно описанию, помещенному в американском журнале, в преселекторе использованы подстроечные конденсаторы, аналогичные отечественным конденсаторам типов КПК-1 и КПК-2, постоянные резисторы, подобные резисторам типов ВС-0,125 и МЛТ-0,25.

Таблица 8

Диапазон, м	Количество витков катушек связи	Количество витков контурных катушек	Марка и диаметр провода, мм
80	L_1, L_{12}—5	L_2, L_{11}—85	ПЭВ-1 0,25
40	L_3, L_{14}—3	L_4, L_{13}—40	ПЭВ-1 0,25
20	L_5, L_{16}—2,5	L_6, L_{15}—20	ПЭВ-1 0,5
15	L_7, L_{18}—2	L_8, L_{17}—13	ПЭВ-1 0,5
10	L_9, L_{20}—1,5	L_{10}, L_{19}—10	ПЭВ-1 0,5

Примечание. Катушки связи наматывают поверх контурных катушек. Все сердечники из феррита марки 25ВЧ.

Для смены диапазонов использован переключатель на пять положений и четыре направления (5П4Н). Катушки связи в резонансных контурах на входе и выходе преселектора необходимы для согласования этих контуров с низкоомными (50 Ом) входом и выходом.

При повторении конструкции могут быть использованы полевые транзисторы КП302—КП303 с буквенными индексами А, Б и В. Нужные режимы работы транзисторов по постоянному току подбирают, изменяя сопротивление резистора R_5. Налаживать преселектор начинают с самого высокочастотного диапазона (10 м). Предварительно включают питание как основного приемника, так и преселектора, фидер антенны присоединяют к разъему $Гн_1$ «Вход» преселектора, а разъем $Гн_2$ «Выход» через дополнительный высокочастотный кабель к антенному гнезду приемника. Переключатели диапазонов приемника и преселектора ставят в положение «10 м». Затем приемник настраивают на любую слабую станцию в середине диапазона, блок конденсаторов переменной емкости C_6C_{11} преселектора выводят в среднее положение и, подстраивая конденсаторы C_5 и C_{16}, добиваются наиболее громкой и чистой работы этой станции. После этого рекомендуется проверить равномерность усиления и избирательности по всему десятиметровому диапазону, и если нужно, то дополнительно скорректировать настройку конденсатором C_5 или C_{16}. Аналогично настраивают и другие диапазоны, пользуясь при этом соответственными подстроечными конденсаторами.

В том случае, когда радиолюбитель предполагает работать лишь в одном или двух диапазонах коротких волн, целесообразно сделать преселектор по более простой схеме, например показанной на рис. 51 и рекомендованной журналом американских радиолюбителей. Этот преселектор выполнен на двух транзисторах и рассчитан на работу в каком-либо одном радиолюбительском диапазоне КВ и УКВ вплоть до 100 МГц. На частотах ниже 5 МГц усиление, которое дает преселектор, достигает 40 дБ. На частоте 30 МГц усиление падает до 30 дБ, а на 50 МГц — до 23 дБ.

Входные цепи преселектора, изображенного на схеме рис. 51, состоят из катушки индуктивности L_1 и конденсаторов C_1, C_2, C_3, причем последний служит для плавной настройки преселектора на частоту принимаемого сигнала. Номинальные значения конденсаторов C_1, C_2, а также максимальная емкость конденсатора C_3 и моточные данные катушки индуктивности L_1 в зависимости от выбранного диапазона волн указаны в табл. 9. Намотку катушки индуктивно-

Таблица 9

Диапазон, м	Емкость конденсатора C_1, пФ	Емкость конденсатора C_2, пФ	Емкость конденсатора C_3, пФ	Индуктивность (и количество витков) катушки L_1, мкГ
40—80	47	47	360	4,0 (14)
20	27	27	100	1,0 (7)
10—15	12	12	51	0,75 (5)
6	6	6	51	0,38 (2,5)

сти L_1 ведут на цилиндрическом каркасе диаметром 20 мм виток к витку проводом ПЭВ-1 0,2. В этом преселекторе можно использовать кремниевые высокочастотные транзисторы КТ316 или КТ325 с любым буквенным индексом либо КТ336Д, КТ315Г. Конструктивно преселектор может быть оформлен в виде отдельного блока, заключенного в металлический корпус небольшого размера. Выключатель питания B_1 и ось конденсатора переменной емкости C_3 выводят на переднюю панель, а ВЧ разъемы $Гн_1$ и $Гн_2$ — соответственно на левую и правую боковые стенки. Питать преселектор можно от стабилизированного выпрямителя или гальванической батареи напряжением 12 В. В качестве конденсатора переменной емкости здесь можно использовать КПЕ от транзисторных приемников «Спидола» и ВЭФ, имеющих максимальную емкость 365 пФ, или «Альпинист», «Атмосфера-2М», у которых она равна 250—260 пФ. Уменьшить максимальную емкость КПЕ перечисленных приемников можно, удалив часть подвижных (роторных) пластин.

Как показывает практика, заметно увеличить чувствительность коротковолнового приемника (до 10 дБ) можно не прибегая к установке дополнительных антенных усилителей или преселекторов, а лишь улучшив согласование антенны с фидером и со входом приемника.

На рис. 52 приведена принципиальная схема перестраиваемого по частоте согласующего фильтра для коротковолновой антенны. Устройство этого фильтра очень простое. В нем установлены два раздельных конденсатора переменной емкости (C_1 и C_2), между которыми включены последовательно катушки индуктивности L_1—L_5, которые могут быть замкнуты накоротко переключателем B_1. Фидер антенны подключают к ВЧ разъему $Гн_1$ («Вход»), а вход приемника к разъему $Гн_2$ («Выход»). Все катушки индуктивности и конденсаторы размещены внутри металлического корпуса с внешними размерами 54×75×130 мм. Индуктивности катушек следующие: L_1 — 56 мкГ; L_2 — 15 мкГ; L_3 — 2 мкГ; L_4 — 10 мкГ; L_5 — 5,6 мкГ.

С согласующим фильтром работают следующим образом. Конденсаторы C_1 и C_2 устанавливают в положение средней емкости (около 100 пФ) и, настроившись приемником на одну из слабо слышимых станций, переключая B_1 фильтра, добиваются заметного уве-

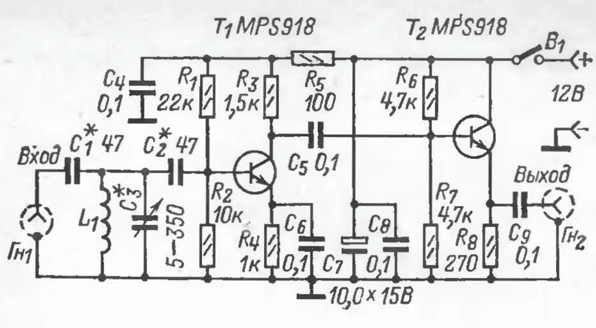


Рис. 51.

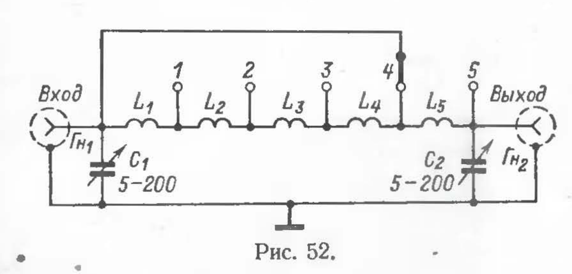


Рис. 52.

личения громкости. После этого, плавно вращая роторы конденсаторов C_1 и C_2, стараются еще увеличить громкость, доводя ее до максимально возможной. Этот момент лучше всего определить по показаниям прибора S-метра приемника или индикатора настройки.

В журнале, поместившем описание фильтра, рекомендовалось использовать двухсекционные КПЕ от транзисторных приемников с суммарной емкостью секций около 200 пФ. Из отечественных лучше всего использовать два КПЕ от приемника «Альпинист» или «Спидола». Оси их роторов, а также переключателя B_1 выводят на переднюю панель фильтра.

15. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ И ГЕТЕРОДИНЫ

Зарубежные радиолюбительские приемники не отличаются особым разнообразием схемных решений. В этом отношении конструкции советских радиолюбителей, в особенности транзисторные супергетеродины, являются более совершенными и интересными. Вместе с тем имеется ряд зарубежных любительских конструкций, представляющих интерес для отечественных радиолюбителей, в частности описываемые ниже преобразователи частоты и гетеродины.

Коротковолновый конвертер для автомобильного приемника. Подавляющее число автомобильных приемников имеет, как правило, один или два обзорных диапазона и несколько фиксированных настроек на длинных, средних или ультракоротких волнах. Коротковолновые диапазоны в автомобильных приемниках пока еще встречаются редко, на что есть свои причины. Основным препятствием высококачественного приема коротких волн в автомобиле явля-

ется чувствительность существующих приемников к вибрации, в результате которой настройка на интересующую слушателя станцию быстро сбивается. Этим же недостатком обладают различные самодельные коротковолновые конвертеры (преобразователи частот), применяемые радиолюбителями. Для устранения указанного выше недостатка необходимо, чтобы вибрация не влияла на частоту, генерируемую гетеродинами приемников и конвертеров, а это, применяя обычные гетеродины и преобразователи, не так-то просто.

На рис. 53 приведена принципиальная схема коротковолнового конвертера к средневолновому автомобильному приемнику, где практически полностью устранены вибрации и другие воздействия на стабильность частоты гетеродина. Достигнуто это тем, что в преобразователе частоты по схеме с совмещенным гетеродином в качестве контура гетеродина используется кварцевый резонатор $Пэ_1$ на частоту 10,7 МГц, включенный непосредственно между базой и коллектором транзистора T_1. С помощью этого резонатора оказывается возможным прием на коротковолновых диапазонах 25 или 31 м. В первом случае частота сигнала выше частоты гетеродина (11,7—12,095 МГц), а во втором — ниже его частоты (9,4—9,84 МГц). Если антенна подключена ко входу конвертера, а вход автомобильного приемника соединен с выходом конвертера, то плавную настройку на станции КВ диапазона 25 м можно производить, перестраивая основной приемник по диапазону СВ в полосе 1000—1395 кГц. Для настройки на станции КВ диапазона 31 м основной приемник перестраивают по СВ диапазону в полосе частот от 860 до 1300 кГц. Дополнительное подавление нежелательных (зеркальных) каналов приема производится подстройкой конденсатора переменной емкости C_2.

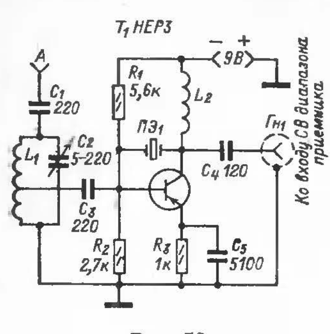


Рис. 53.

Катушка индуктивности L_1 обоих КВ диапазонов содержит 13 витков провода ПЭВ-1 0,8 мм, намотанного с шагом 1,5 мм на пластмассовом каркасе с внешним диаметром 18 мм. Отвод делают от третьего витка, считая от заземленного вывода. Дроссель $Др_1$ наматывают на броневом или кольцевом сердечнике из феррита 100ВЧ или 400НН. Он должен иметь индуктивность около 2,5 мГ. В качестве источника питания рекомендуется применение автономной батареи, с тем чтобы не быть связанным с бортовой сетью автомобиля.

Транзистор T_1, рекомендуемый к применению автором конструкции, может быть заменен отечественным транзистором типа ГТ309 с любым буквенным индексом или П403, П423. По мнению автора конструкции, такой конвертер наиболее удобно разместить под приборной панелью автомобиля.

Коротковолновый вариант «Селги». Большой популярностью за рубежом пользуются транзисторные приемники отечественного производства, такие, как «Сокол», «Селга», «Спидола», ВЭФ, «Орбита» и др. В общей сложности число отечественных приемников за рубежом исчисляется миллионами. Эти приемники нередко переделывают или модифицируют применительно к местным условиям. В качестве примера на рис. 54 приведена часть принципиальной схемы транзисторного приемника «Селга» выпуска 1964 г. [1], где путем простых и немногочисленных переделок преобразователя частоты изменен диапазон принимаемых волн. До переделки «Селга» была рассчитана на прием в диапазонах СВ и ДВ. После переделки она может принимать станции, работающие в диапазонах длинных и коротких волн (25—50 м).

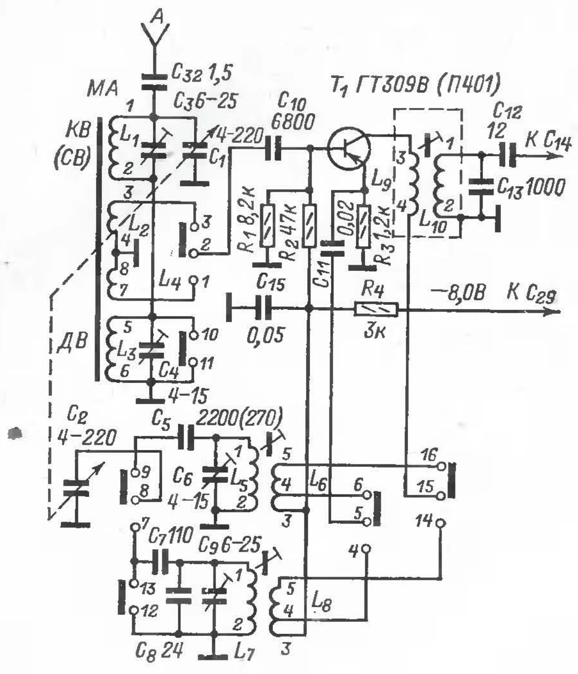


Рис. 54.

Как указано в описании переделки «Селги», помещенном в одном из радиожурналов ГДР, достаточно перемотать катушки магнитной антенны (L_1, L_2), а также гетеродина (L_5, L_6) диапазона СВ и заменить конденсатор C_5 другим емкостью 2200 пФ. Новые моточные данные катушек таковы: L_1 — 10 витков провода ПЭЛШО или ПЭВ-1 диаметром 0,2 мм; L_2 — 1 виток провода той же марки диаметром 0,15 мм; L_5 — 22 витка ПЭЛШО 0,2; L_6 — 7 витков провода ПЭВ-1 0,15 с отводом от третьего витка, если считать от вывода *3*. Конденсатор C_5 может быть керамическим или слюдяным, например КЛС-Е или КСО-2.

Следует указать, что в данном приемнике магнитная антенна выполнена на ферритовом стержне марки 400НН (ранее применялся Ф600), который может обеспечить хорошую работу приемника лишь на относительно низких частотах, т. е. на волнах длиннее 30—40 м.

Упомянутый выше образец «Селги» выпускался сравнительно давно, за время, прошедшее с момента выпуска, сам приемник устарел, и возможно, что его детали ухудшили свои параметры. Поэтому, если будет решено переделывать старую «Селгу», то целесообразно одновременно с этим заменить некоторые детали, в первую очередь транзистор преобразователя частоты (T_1) с П401 на ГТ309Б — ГТ309Г. Такая замена приведет к заметному уменьшению внутренних шумов приемника и повысит его чувствительность. Если будет возможно, то подобную замену следует осуществить также с транзисторами T_2 и T_3 усилителя ПЧ. Кроме того, полезно заменить электролитические конденсаторы ЭМ на К50-3.

Каскодный преобразователь частоты КВ приемника. На рис. 55 приведена принципиальная схема преобразователя частоты коротковолнового приемника, выполненного по каскодной схеме «общий

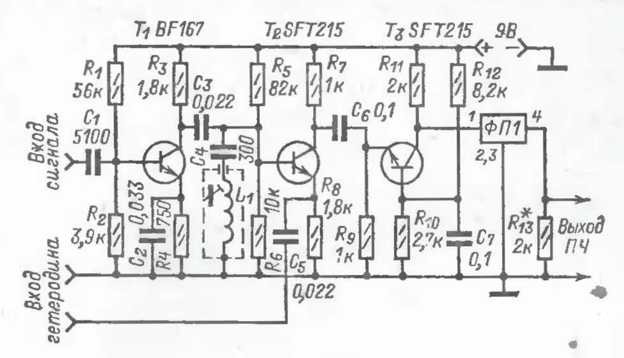


Рис. 55.

эмиттер — общая база». В этом преобразователе входной сигнал поступает на базу транзистора T_1, выполняющего роль апериодического усилителя ВЧ. Усиленный сигнал с коллектора транзистора T_1 через конденсатор C_3 подается на базу транзистора T_2, а напряжение гетеродина — на эмиттер этого транзистора через конденсатор C_5. Таким образом, каскад на транзисторе T_2 является смесительным. Для устранения возможности самовозбуждения каскадов на промежуточной частоте между базой транзистора T_2 и общим проводом включен последовательный резонансный контур L_1C_4, настроенный на промежуточную частоту 465 кГц. Наличие каскада на транзисторе T_1 и контура L_1C_4 обеспечивает большое устойчивое усиление сигнала до смесителя, что улучшает работу последнего.

Особенностью преобразователя частоты по схеме рис. 55 является также и то, что пьезокерамический фильтр ПЧ (ФП1), который обычно включают непосредственно на выходе коллекторной цепи транзистора смесителя, перенесен в цепь коллектора дополнительного транзистора T_3, включенного по схеме с общей базой. Сочетание транзисторов T_2 и T_3, которое показано на рис 55, известно под названием «каскодной схемы». Оно позволяет значительно уменьшить взаимное влияние входных и гетеродинных контуров между собой, а также повысить устойчивость усиления тракта промежуточной частоты.

В описанном выше преобразователе частоты могут быть использованы транзисторы КТ312 и КТ315 с любыми буквенными индексами. Пьезокерамический фильтр ФП1 типов ПФ1П-2 или ФП1П-011, ФП1П-013, ФП1П-015, ФП1П-017. Катушку L_1 наматывают на двухсекционном пластмассовом каркасе, который помещают в броневой унифицированный сердечник из феррита марки 400НН (600НН). Эта катушка содержит 120 витков провода ПЭВ-1 0,12. Для того чтобы преобразователь работал в оптимальном режиме, напряжение гетеродина, подводимое к смесителю, должно быть равно 100—150 мВ.

Гетеродин на полевых транзисторах. Высокое входное сопротивление полевых транзисторов позволяет значительно упростить конструкцию катушек гетеродина. В качестве примера на рис. 56 изображена принципиальная схема гетеродина на двух полевых транзисторах, в котором катушка индуктивности L_1 резонансного контура, определяющего частоту генерируемых колебаний, не имеет отводов и дополнительных катушек связи, как это имеет место при использовании в гетеродине биполярных транзисторов. Согласно описанию в одном из английских радиожурналов гетеродин, собранный по схеме рис. 56, хорошо работает на частотах от 1 до 100 МГц, потому что в нем применены полевые транзисторы с граничной частотой более 300 МГц, включенные по каскодной схеме «общий исток — общий затвор». Последнее позволяет ввести необходимую для нормальной работы гетеродина положительную обратную связь со стока транзистора T_2 на затвор транзистора T_1 путем включения в эту цепь конденсатора C_2 небольшой емкости.

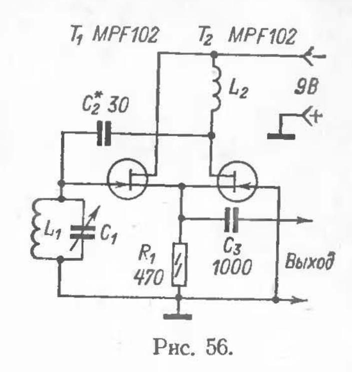


Рис. 56.

Гетеродин по схеме рис. 56 наиболее целесообразно применять в многодиапазонных коротковолновых приемниках, где упрощение коммутации катушек играет большую роль. При этом параметры катушки индуктивности L_1 и конденсатора переменной емкости C_1 определяются самим конструктором и могут быть изменены в широких пределах. Для работы на КВ и УКВ катушка L_2 должна иметь индуктивность около 1 мГ. Транзисторы можно применить КП302 или КП303.

Налаживание гетеродина, собранного по схеме рис. 56, сводится к подбору такого номинала конденсатора C_2, при котором напряжение генерируемых колебаний по всему диапазону будет примерно одинаковым.

Гетеродины с кварцевой стабилизацией. Значительное повышение стабильности частоты гетеродина может быть достигнуто использованием в них кварцевых резонаторов (или, сокращенно, кварцев), которые представляют собой тонкие пластинки из натурального или синтетического кварца определенной толщины и площади. Две противоположные поверхности пластинок покрыты тонким слоем серебра. К этим посеребренным поверхностям припаяны два вывода, являющиеся электродами кварцевого резонатора. Характерной особенностью кварцевого резонатора является то, что он ведет себя

как последовательный резонансный контур с добротностью, исчисляемой десятками и сотнями тысяч. Частота резонанса этого контура зависит только от толщины кварцевой пластинки. Нестабильность частоты последовательного резонанса составляет не более нескольких тысячных долей процента.

Известно большое число гетеродинов со стабилизацией кварцами, как простых, так и сложных. В последние годы находят широкое применение подобные гетеродины, не содержащие катушек индуктивности. На рис. 57 приведена простейшая схема гетеродина на одном транзисторе (T_1), где кварцевый резонатор $ПЭ_1$ включен между коллектором и базой транзистора. Фазовый сдвиг в цепи положительной обратной связи корректируется при помощи конденсатора

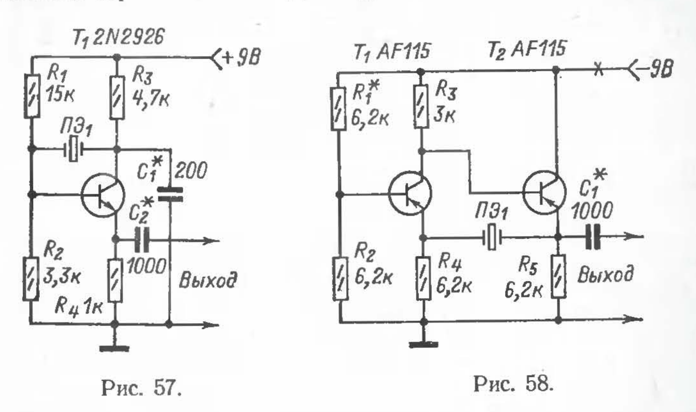


Рис. 57.

Рис. 58.

C_1, емкость которого для получения неискаженных колебаний подбирают. Колебания снимаются с эмиттера транзистора.

Недостаток гетеродина, выполненного по схеме рис. 57, состоит в том, что емкость конденсатора C_1 зависит от конкретного образца кварцевого резонатора. Это усложняет конструкции многоканальных гетеродинов, предназначенных для работы с рядом кварцевых резонаторов различной частоты.

Значительно проще гетеродин, показанный на схеме рис. 58, в котором кварц $ПЭ_1$ включен между эмиттерами двух транзисторов, соединенных последовательно по схеме «общий эмиттер — общий коллектор». Такое включение транзисторов позволяет обойтись без корректирующего конденсатора и тем самым обеспечить устойчивую работу гетеродина при смене кварцев. Гетеродин нормально работает при напряжении питания всего 3 В, потребляет ток около 3 мА и обеспечивает эффективное значение выходного напряжения 1 В. Здесь могут быть использованы транзисторы типа ГТ309 с любым буквенным индексом, а также П422 и П423.

В том случае, когда гетеродин должен работать только с одним кварцевым резонатором, можно применить гетеродин, изображенный на рис. 57, применив в нем транзистор типа КТ312 или КТ315 с любым буквенным индексом. Наилучшие результаты с этим гетеродином получаются при генерировании колебаний с частотой от 1 до 10 МГц. Возможности гетеродина, показанного на схеме рис. 58, значительно шире.

16. УЛУЧШЕНИЕ РАБОТЫ ПРОСТЫХ ТРАНЗИСТОРНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Начинающих радиолюбителей влекут в основном самые простые по устройству и конструкции транзисторные приемники, которые, естественно, не могут соперничать по своим возможностям и характеристикам с современными приемниками промышленного производства. Правда, в ряде случаев можно значительно улучшить работу относительно простого транзисторного приемника путем небольших переделок.

Улучшение приема дальних станций. Громкость приема дальних средневолновых станций может быть увеличена, если более точно сопрячь частоты принимаемого сигнала и гетеродина. Обычно это делают, вращая подстроечные конденсаторы и перемещая катушку магнитной антенны. Очевидно, что производить такие операции при настройке на каждую дальнюю станцию нецелесообразно. Более простой способ точной настройки предложен одним американским радиолюбителем.

Суть его предложения заключается в том, что для подстройки магнитной антенны используют дополнительный постоянный магнит (стальной или керамический), например, от магнитной системы неисправной динамической головки. Магнит может быть небольших размеров. Настроив приемник на дальнюю станцию и плавно перемещая магнит вдоль продольной оси магнитной антенны, добиваются наиболее громкого и чистого приема. Возможно, что при настройке на другую станцию придется подобрать другое положение магнита.

Увеличение чувствительности приемников. Чувствительность простого транзисторного приемника может быть существенно улучшена, если между катушкой связи с магнитной антенной и входом преобразователя частоты включить дополнительный каскад усиления ВЧ, например, по схеме, предложенной американским радиожурналом. Как видно из рис. 59, на котором приведена эта схема, каскад усиления ВЧ собран на одном транзисторе (T_1), включенном по схеме с общим эмиттером, и имеет резистивно-емкостную связь со входом преобразователя частоты основного приемника (транзистор T_2). Все детали каскада смонтированы на небольшой гетинаксовой или текстолитовой плате площадью 6 см² (20×30 мм), размещенной внутри корпуса основного приемника, вблизи от его преобразователя частоты. Все переделки самого приемника сводятся к отпайке выводов катушки связи L_2 от входа преобразователя частоты и подключению их ко входу дополнительного каскада. Кроме того, к усилителю ВЧ подводят питание непосредственно от выключателя B_1, а выход усилителя соединяют со входом преобразователя частоты.

Описанный усилительный каскад может быть установлен в простом супергетеродине любительского или промышленного изготовления с преобразователем частоты, имеющим совмещенный гетеродин по схеме с общей базой, например, в приемниках «Селга», «Альпинист» и др. Транзисторы T_1 и T_2 можно взять либо ГТ309, либо ГТ322 с любым буквенным индексом или П422, П423. При напряжении питания 9 В сопротивление резистора R_1 должно быть 56 кОм.

Улучшение детектора и АРУ. Причинами посредственной работы многих радиолюбительских приемников являются применение простейших детекторов и узлов автоматической регулировки усиле-

ния (АРУ). Распространенные диодные детекторы, нагруженные переменным резистором регулятора громкости, обладают низким входным сопротивлением, значительно искажают сигнал и имеют большие потери. Простейшие устройства АРУ не спасают от перегрузки тракт ПЧ приемника, в результате чего наблюдаются значительные

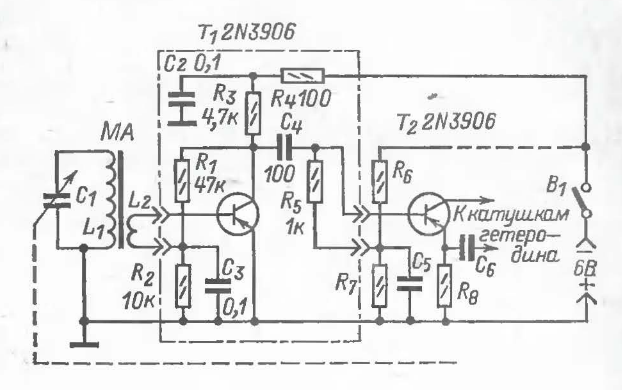


Рис. 59.

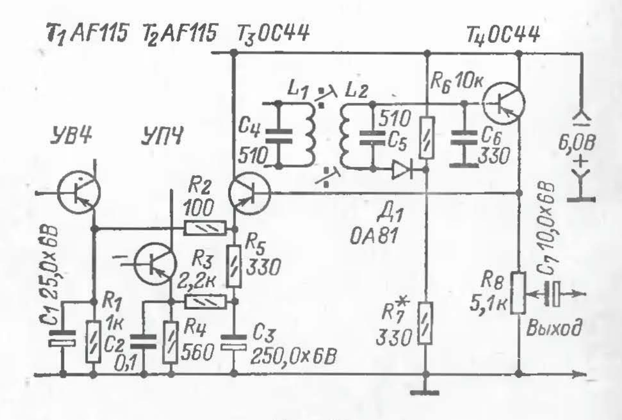


Рис. 60.

искажения сигналов близких станций. Значительно лучшими характеристиками обладают детектор и АРУ простого приемника, описанного в журнале английских радиолюбителей, часть принципиальной схемы которого дана на рис. 60. В этом приемнике последний резонансный контур усилителя ПЧ L_2C_5 подключен непосредственно к базе транзистора T_4, заземленной по переменному току через конденсатор C_6. Диод $Д_1$ соединен со средней точкой низкоомного делителя напряжения питания, собранного на резисторах R_6R_7. Сопротивление резистора R_7 подбирают так, чтобы при отсутствии

сигнала напряжение смещения на базе транзистора T_4 было около 0,2 В. Транзистор T_4 установлен в каскаде, выполненном по схеме с общим коллектором. Как известно, эта схема обладает большим входным сопротивлением. Благодаря этому контур L_2C_5 шунтируется незначительно даже при полном подключении его к диоду $Д_1$. В результате усиление сигнала каскадом, расположенным до такого детектора, примерно вдвое больше, чем при работе этого каскада с другими детекторами.

По мере увеличения сигнала растет постоянное напряжение, выпрямляемое диодом $Д_1$, и как следствие этого повышается напряжение смещения на базе транзистора T_4. Это напряжение поступает в эмиттерную цепь транзистора T_4, откуда подается на базу транзистора T_3, работающего в каскаде усиления постоянного тока. Нагрузкой этого каскада являются резисторы R_1—R_3 и R_5 с фильтрующими конденсаторами C_1—C_3, включенными в цепи эмиттеров транзисторов T_1 и T_2 каскадов, охваченных АРУ. Постоянное напряжение, подводимое непосредственно в цепь эмиттера, закрывает транзистор. При этом для полного закрывания требуется изменение напряжения всего на 0,3 В. Для сравнения можно указать, что обычно применяемые схемы АРУ, в которых управляющее напряжение подается в цепь базы регулируемого каскада, требуют значительно большего (в 3—4 раза) изменения напряжения АРУ.

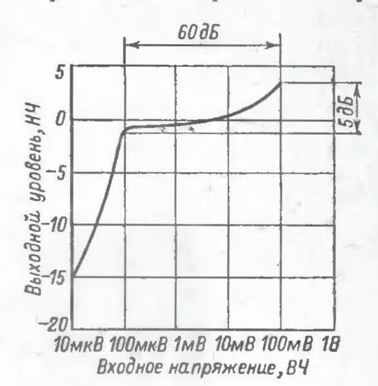


Рис. 61.

На рис. 61 приведена характеристика АРУ, выполненной по схеме рис. 60 в виде зависимости выходного напряжения низкой частоты от напряжения сигнала на входе. За 0 дБ принят уровень 100 мкВ. Как видно из рисунка, когда сигнал на входе усилителя ВЧ составляет менее 100 мВ, выходное напряжение НЧ резко зависит от входного ВЧ напряжения, т. е. сигнал настолько мал, что усиления тракта ПЧ недостаточно для срабатывания АРУ. При повышении входного ВЧ сигнала до 100 мкВ и более выходное НЧ напряжение стабилизируется практически на одном уровне вплоть до входного напряжения 10 мВ. Дальнейшее увеличение напряжения сигнала приводит к перегрузке системы АРУ и росту выходного напряжения НЧ. Во всяком случае на участке эффективного действия АРУ, когда входной сигнал изменяется на 60 дБ (от 100 мкВ до 100 мВ), изменение выходного напряжения НЧ составляет всего 5 дБ, что очень хорошо для простого приемника.

Зарубежным типам транзисторов, указанным на схеме (рис. 60), соответствуют отечественные П423 (T_1, T_2) и МП41А (T_3, T_4).

Глава пятая

СРЕДСТВА АВТОМАТИКИ И СИГНАЛИЗАЦИИ

17. АВТОМАТИКА И СИГНАЛИЗАЦИЯ ДЛЯ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Рост колнчества разлнчных наземных транспортных средств (автомобилей, мотоциклов, велосипедов н т. п.) требует принятия специальных мер по предотвращению дорожно-транспортных пронсшествий и повышению безопасности движення. Многое здесь зависит от технического состояния транспортных средств и дорог, личных физическнх данных водителей и пешеходов, а также от совершенства различных сигнальных устройств. В данной главе рассматриваются несложные по устройству и конструкцни автоматические сигнальные прнспособления, способствующие повышению безопасности движения на дорогах.

Рнс. 62.

Автоматический сигнальный фонарь. Нередко бывает так, что из-за поломкн илн по иной прнчине водителю приходнтся оставлять прнцеп илн часть груза на обочнне илн даже на проезжей частн дороги. В светлое время дня прицеп илн груз могут быть вовремя замечены водителями движущнхся мимо автомобилей, но в вечернее и ночное время для обозначення посторонних неподвижных предметов, находящихся на дороге, необходимо устанавливать красные сигнальные огни. Сделать это не всегда удается, так как для питания сигиальных огней требуются аккумуляторы или мощные батареи, а также нужно включать и выключать эти огни.

На рис. 62 приведена принципиальная схема экономичного автоматического снгнального фонаря, описанного в журнале американскнх радиолюбителей. Достоинством фонаря является то, что он включается только при наступлении темноты и светится не непрерывно, а вспышкамн, с частотой до 50 раз в минуту. Поэтому энергии двух примененных элементов типа D, аналогичных отечественным элементам 373, может хватить на несколько месяцев работы.

Импульсный режнм работы достигнут тем, что снгнальная лампа $Л_1$ (2,5 В$\times$0,12 А) включена в цепь коллектора транзистора T_2, который вместе с транзистором T_1 и деталями R_2C_1 образует несимметричный мультивибратор, частота повторения импульсов которого около 1,2 Гц. Достоинство мультивибратора, построенного по схеме рис. 62 с использованием транзисторов разлнчной проводнмости,— высокая экономичность, так как здесь от батарей потребляется ток только в момент вспышки лампы. Частота вспышек может быть сделана еще меньше путем увеличения емкости конденсатора C_1.

Фонарь включается только с наступлением темноты, потому что между базой и эмиттером транзистора T_1 включен фоторезистор, т. е. такой резистор, сопротивление которого резко меняется при изменении яркости освещения его чувствительной поверхности. При дневном освещении сопротивление фоторезнстора R_1 мало (несколько килоом), он сильно шунтирует цепь база — эмиттер транзистора T_1, и поэтому мультивибратор не генерирует. С наступлением темноты сопротивление фоторезистора значительно возрастает, его шунтирующее влияние ничтожно и мультнвибратор начинает работать.

Для изготовления сигнального фонаря можно использовать транзисторы МП41А (T_1) и МП38 (T_2), фоторезистор ФСК-1Г. При отсутствии такого можно применить фоторезисторы ФС-1А, ФС-К1.

Световой указатель поворота для мотоцикла. Практнка показывает, что безопасность езды на мотоцикле н велосипеде повышается, если снабдить их передними и заднимн световыми указателями поворота. На рис. 63 приведена принципиальная схема подобного простого указателя. Устройство описано в журнале бразильских радиолюбителей. Основа устройства — неснмметрнчный мультивибратор на транзнсторах T_1 и T_2. Нагрузкой транзистора T_2 являются (в зависимости от направления поворота) цепи осветнтельных ламп $Л_1Л_2$ или $Л_3Л_4$. Цепи ламп коммутируются тумблером B_1 на два рабочнх и одно нейтральное (среднее) положенне. Указатель пнтается от аккумулятора илн батарен напряженнем 4,5 В.

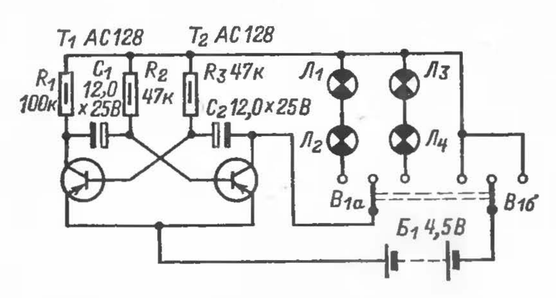


Рис. 63.

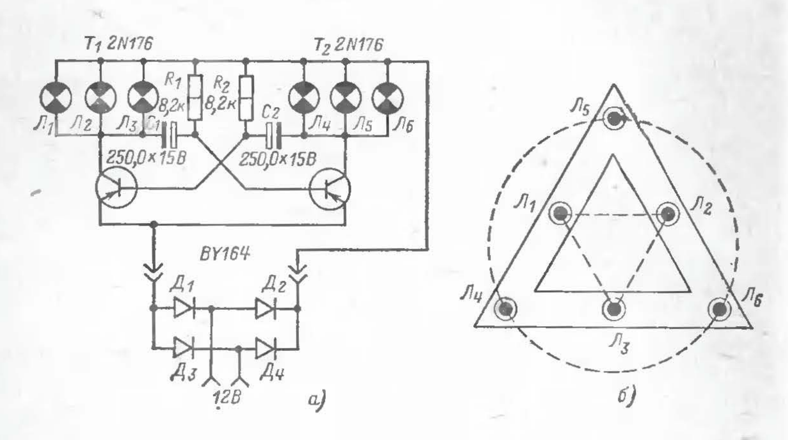
Прн изготовленин указателя могут быть нспользованы транзисторы тнпа ГТ402Д, индикаторные лампы 2,5 В$\times$0,15 А и батарея 3336Л. Лампы $Л_1$ и $Л_3$ размещают слева н справа на руле, а $Л_2$ и $Л_4$ — за багажником, соответственно слева и справа по направлению движения.

Электрифицированный знак аварийной остановки. Согласно международным правнлам дорожного движения в случае вынужденной остановки транспортного средства на проезжей части дороги на определенном расстояннн перед ним должен быть установлен знак аварийной остановки, имеющий вид равностороннего треугольника и снабженный светоотражающими рефлекторамн. В ночное время такой сигнал должен дополнительно подсвечиваться.

На рис. 64, *а* приведена принцнпиальная схема импульсного электрифицированного знака, мигание которого в ночное время позволяет увеличнть дальность его виднмости. Это повышает безопасность движения. Описание устройства помещено в бразильском радиожурнале. Знак аварийной остановки выполнен в виде равностороннего треугольника, снабженного шестью светоотражающими рефлекторами красного цвета. Он дополнительно подсвечивается

малогабаритными осветительными лампами, которые коммутируются мультивибратором, собранным на транзисторах T_1 и T_2. Осветительные лампы включены в две гирлянды, соединенные так, как показано пунктиром на рис. 64, *б*.

Питание для знака в вечернее время осуществляется от бортового аккумулятора. Напряжение питания на транзисторы подается



через диодный мост $Д_1$—$Д_4$. Поэтому описанный знак можно без каких-либо переделок использовать в автомобилях с заземленным «плюсом» или «минусом» бортовой сети, а также не бояться порчи транзисторов при случайном неправильном включении полюсов источника питания. В устройстве можно использовать транзисторы П213Б или П214—П217 с коэффициентом $B_{ст}=30\div40$, диоды типа Д242 и автомобильные лампы 12 В×4 кд. Яркость свечения может быть увеличена путем замены ламп 12 В на 6 В (от мотоцикла). Опасность перегорания этих ламп мала, так как на диодах и транзисторах напряжение падает около 2 В, а сами лампы работают в импульсном режиме

Электронные сигнализаторы остатка горючего и перегрева автомобильного двигателя. Безопасность движения автомобиля порой зависит от того, вовремя ли заметил водитель, что кончается горючее или перегревается двигатель. Для контроля за этим имеются специальные стрелочные указатели, питающиеся от бортовой электрической сети. Принцип их действия иллюстрируется схемами, приведенными на рис. 65, *а* и *б* соответственно. Указатель расхода бензина представляет собой амперметр, включенный в сеть через реостат R_1 (рис. 65, *а*). Положение ползунка этого реостата зависит от уровня горючего в баке, фиксируемого специальным поплавком, соединенным с ползунком. Указатель температуры воды (или иной охлаждающей жидкости) — это также амперметр, включенный в бортовую сеть через терморезистор R_1, помещенный в охлаждающую жидкость.

Эти приборы не предупреждают водителя автоматически об окончании горючего или перегреве двигателя, что является их недостатком. Но они могут, если их снабдить несложными полупроводниковыми приставками — сигнализаторами, реагирующими на предельные показания этих указателей, подавать специальные световые и звуковые сигналы. Электронная часть такого сигнализатора может быть выполнена по схеме, приведенной на рис. 66, *а* (когда к шасси автомашины присоединен минус бортовой сети) или рис.

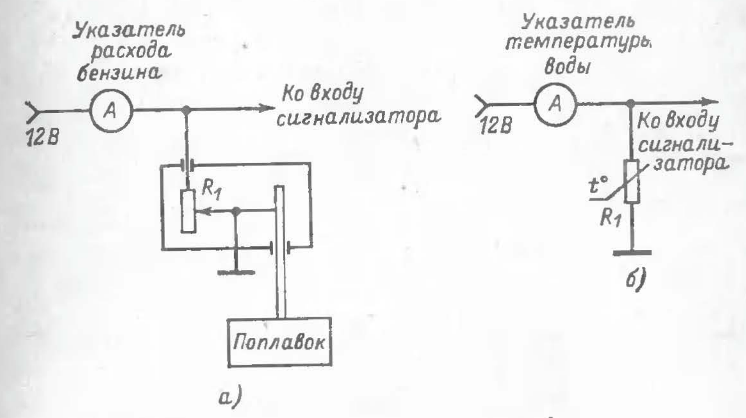


Рис. 65.

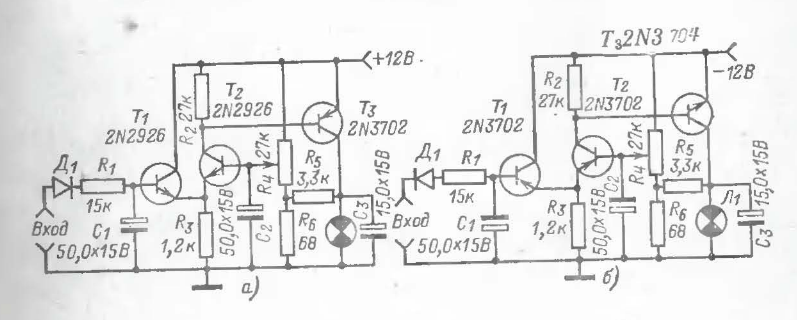


Рис. 66.

66, *б* (когда к шасси присоединен плюс). Описание заимствовано из американского радиожурнала.

Сигнализаторы представляют собой усилители постоянного тока, собранные на транзисторах T_3, в коллекторную цепь которых включен сигнальный элемент. На схеме показана маломощная лампа накаливания на напряжение 12,6 В, но это может быть также обмотка реле, при срабатывании которого контакты замыкают цепь, включающую звуковой прибор. Управляющее напряжение на базу транзистора T_3 поступает с правого по схеме плеча триггера Шмитта, собранного на транзисторах T_1 и T_2. В свою очередь напряжение на вход триггера Шмитта, заставляющее его опрокидываться, подается через цепь $Д_1R_1C_1$ с выхода чувствительного элемента соответст-

вующего указателя, показания которого должны быть взяты под контроль. Опрокидывание триггера, т. е. резкое изменение напряжений на коллекторах транзисторов T_1 и T_2, происходит тогда, когда напряжение на входе сигнализатора достигнет определенного значения, которое устанавливается при помощи переменного резистора R_4 применительно к каждому автомобилю в отдельности. Тогда на базу транзистора T_3, находящегося до того в закрытом состоянии, подается отпирающее напряжение. В результате этого транзистор T_3 входит в режим насыщения, ток в коллекторной цепи достигает максимума, и лампа загорается (либо срабатывает реле, и замыкаются контакты в цепи звукового сигнала).

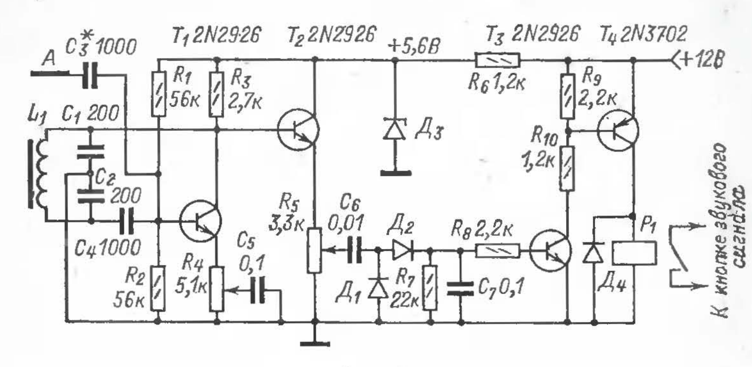


Рис. 67.

Для изготовления сигнализатора по схеме рис. 66, *а* могут быть использованы транзисторы типов МП111 — МП113 (T_1 и T_2), ГТ402 (T_3), имеющие $B_{ст}=30$ и более. В сигнализаторе по схеме рис. 66, *б* возможно применение транзисторов типов МП114 — МП116 (T_1 и T_2), а также ГТ404, имеющих $B_{ст}=30$ и более. В обоих случаях диод $Д_1$ должен быть кремниевым, например, типа Д103 — Д106 или Д226 с любым буквенным индексом.

«Водитель, не спи за рулем!» Так назвал свой прибор один американский инженер, разработавший простое устройство для подачи звукового сигнала при малейшей попытке водителя хотя бы на миг задремать за рулем во время езды. На рис. 67 приведена принципиальная схема разработанного устройства, основой которого является автогенератор частоты 300 кГц на транзисторе T_1. Кроме него, в устройстве имеются усилительный каскад на транзисторе T_2, выпрямитель, собранный по схеме удвоения напряжения на диодах $Д_1$ и $Д_2$, а также усилитель постоянного тока на транзисторах T_3 и T_4, нагруженный обмоткой исполнительного реле R_1.

Устройство работает следующим образом. Автогенератор на транзисторе T_1 выполнен по трехточечной схеме с емкостной обратной связью. База транзистора T_1 через конденсатор C_3 соединена с узким металлизированным ободком, нанесенным по внешнему ободу штурвала автомобиля. В нормальном состоянии водитель держит штурвал уверенно одной или обеими руками. Когда на устройство подано питание, ввиду того, что его антеннна (антенной назван металлизированный ободок) непосредственно связана с телом челове-

ка и через него с корпусом автомобиля, в автогенераторе нарушается баланс фаз и генерация отсутствует, выходное напряжение выпрямителя равно нулю и реле обесточено. Но достаточно водителю ослабить или вовсе отпустить руки от штурвала, что может наступить при засыпании, как связь антенны с корпусом автомобиля ослабляется или полностью устраняется; автогенератор начинает генерировать колебания с частотой 300 кГц, которые далее усиливаются, выпрямляются и фильтруются. Полученное постоянное напряжение подается на усилитель постоянного тока, заставляя сработать сигнальное реле P_1.

В устройстве приняты специальные меры для повышения надежности его работы. Во-первых, напряжение питания на автогенератор и усилитель подается через диодный стабилизатор $R_6Д_3$. Во-вторых, введен регулятор чувствительности сигнализатора (переменный резистор R_4). Вращая ползунок резистора, можно подобрать порог срабатывания индивидуально для каждого автомобиля и водителя. Кроме того, в устройстве имеется переменный резистор R_5, с помощью которого подбирается уровень сигнала, достаточный для срабатывания реле.

При изготовлении устройства по схеме рис. 67 могут быть использованы транзисторы КТ312 или КТ315 с любыми буквенными индексами (T_1—T_3) и МП114—МП116 (T_4). Диоды $Д_1$ и $Д_2$ — Д103 или Д105, Д18, Д20. Стабилитрон $Д_3$ может быть типа КС156А или КС162А. Диод $Д_4$ желателен типа Д7Б или Д226А.

Питание лампы дневного света от бортовой сети. Известно, что такие операции, как ремонт двигателя или устранения каких-либо неполадок в системе зажигания, а также в трубопроводах, лучше всего производить при дневном свете. А как быть, если неисправность должна быть устранена в ночное время? Можно, конечно, воспользоваться переносной лампой, но она дает узкое направленное излучение света, при котором много теней, утомляющих зрение. Значительно лучшие результаты можно получить, если применить лампу дневного света, которая дает освещение, практически лишенное теней. Но существует мнение, что заставить работать такую лампу от бортовой сети автомобиля напряжением всего 12 В невозможно, так как лампы рассчитаны на напряжение 127 или 220 В.

На рис. 68 представлена принципиальная схема простого преобразователя напряжения. с помощью которого можно осуществлять питание маломощной лампы дневного света (мощностью до 8 — 10 Вт) от автомобильного аккумулятора.

Преобразователь напряжения представляет собой автогенератор, собранный на транзисторе T_1, включенном по схеме с общим коллектором, и работающий на частоте около 20 кГц. Частота генерации определяется индуктивностью первичной обмотки трансформатора $Тр_1$ и суммарной емкостью конденсаторов C_1, C_2, пересчитанной к выводам обмотки *I*. С помощью транзистора T_1 постоянное напряжение бортовой сети преобразуется в прямоугольные импульсы, следующие в различной полярности с частотой генерации. С помощью повышающей обмотки *II* амплитуда импульсов повышается до 220—230 В, что обеспечивает свечение лампы дневного света $Л_1$. В ней необходимо раскалить нити накала, размещенные в торцах лампы. Для этого в трансформаторе $Тр_1$ предусмотрены обмотка *III* и отвод от обмотки *II*.

Повышенная частота генерации преобразователя частоты (обычно она бывает не выше 3—5 кГц) позволяет упростить конструкцию

трансформатора Tp_1 и полностью исключить неприятный свист и гудение, свойственное лампам дневного света, питающимся от источника переменного тока низкой частоты.

Трансформатор Tp_1 представляет собой катушку из нескольких секций, размещенную в ферритовом броневом сердечнике внешним диаметром 25 мм. Первая секция обмотки *I* (по схеме — снизу) содержит 26 витков провода ПЭВ-1 0,4. Вторая, верхняя по схеме секция, имеет 10 витков провода ПЭВ-1 0,2 мм. Обмотка *II* содержит 350 витков провода ПЭВ-2 0,15 мм с отводом от 18-го витка, а обмотка *III* — 20 витков ПЭВ-2 0,2 мм. Начала всех обмоток на

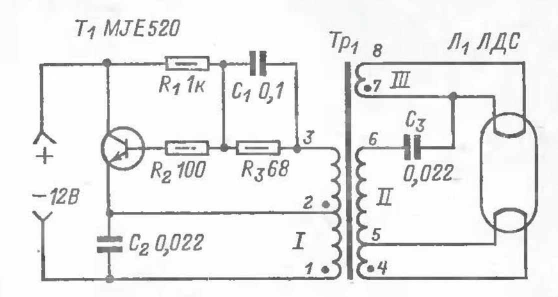


Рис. 68.

рис. 68 обозначены точками. Для удобства нахождения выводов обмоток рекомендуется при намотке надевать на них разноцветные полихлорвиниловые трубочки.

Все детали преобразователя напряжения размещены внутри металлического корпуса размерами 26×60×106 мм. Транзистор T_1 устанавливают непосредственно на поверхности корпуса, который в данном случае играет роль дополнительного теплоотвода. Применять какие-либо изолирующие прокладки из лавсана или слюды нет необходимости, так как по схеме корпус транзистора, соединенный с его коллектором, должен иметь электрический контакт с корпусом устройства (для бортовой сети с заземленным плюсом).

Следует сказать о ряде характерных особенностей включения лампы дневного света по схеме рис. 68. Во-первых, нити накала обычно включают лишь в начальный момент пуска лампы, и после того как она начнет работать, их отключают от сети. Здесь нити светятся постоянно, что позволило исключить установку сложного и громоздкого оборудования для размыкания нитей накала. При этом увеличение потребляемого тока незначительно, и им можно пренебречь, так как оно составляет десятые доли ампера. Во-вторых, для ограничения рабочего тока через лампу обычно применяют громоздкие дроссели, включаемые последовательно с лампой.

В этом устройстве вследствие высокой частоты питания лампы оказалось возможным ограничиться применением конденсатора C_3 на рабочее напряжение 400—600 В.

Для изготовления устройства по схеме рис. 68 можно использовать среднечастотный кремниевый сплавной транзистор большой мощности типа П701 с $B_{ст}=30\div60$, конденсаторы C_1 и C_2 типа МБМ на рабочее напряжение 160 В и C_3 того же типа, но на напряжение 500—750 В. Для намотки трансформатора Tp_1 можно использовать броневой сердечник типа Б26 (внешний диаметр 26 мм) из феррита марки 2000НН или 1000НН. Моточные данные указаны выше.

Налаживание преобразователя напряжения заключается в измерении выходного напряжения на обмотке *II* трансформатора Tp_1. Оно должно соответствовать напряжению питания лампы (220 В) и потребляемому от сети току (около 0,6 А). Отсутствие напряжения или тока либо чрезмерное потребление последнего будет свидетельствовать о неисправности деталей или о неправильном присоединении выводов трансформатора. Яркость свечения лампы регулируют, подбирая сопротивление резистора R_2, частоту генерации — емкость конденсатора C_2. При этом следует учитывать, что емкость проводников, идущих к лампе дневного света, косвенно влияет на суммарную емкость резонансного контура генератора.

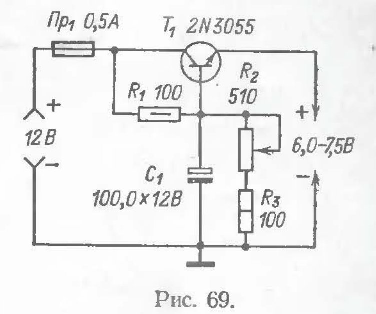


Рис. 69.

Описанная выше конструкция может найти применение не только при работе под капотом двигателя в ночное время, но также для освещения салона автомобиля или рабочего места в кузове машины технической помощи.

Приставка для понижения напряжения бортовой сети. Напряжение бортовой сети легковых автомобилей равно 12 В, тогда как бытовая электроакустическая аппаратура рассчитана на питание напряжением 6 или 9 В. Понизить напряжение питания до этого значения можно с помощью простой приставки, принципиальная схема которой дана на рис. 69. Приставка представляет собой мощный эмиттерный повторитель. Начальное смещение на базе транзистора T_1 этого повторителя снимается с регулируемого делителя напряжения, состоящего из резисторов R_1—R_3. Для подавления помех со стороны электрических установок автомобиля в цепь базы включен фильтрующий конденсатор C_1. Необходимое выходное напряжение устанавливают, вращая ползунок переменного резистора R_2. Пределы регулирования могут быть расширены до 9 В, если увеличить сопротивление резистора R_3 до 200—240 Ом. При указанных на схеме рис. 69 сопротивлениях резисторов приставка может обеспечить нормальную работу любого приемника или кассетного магнитофона, потребляющего ток не более 100—150 мА.

При изготовлении приставки можно использовать кремниевый транзистор средней или большой мощности (например, П303 или П701, КТ801, КТ802 с любыми буквенными индексами), имеющий $B_{ст}=30\div40$ и более.

18. ЭЛЕКТРОНИКА НА БОРТУ ПАРУСНЫХ И МОТОРНЫХ СПОРТИВНЫХ СУДОВ

Дальнейшее совершенствование парусных и водно-моторных судов идет по пути не только широкого применения новых строительных материалов, идущих на постройку корпусов судов и улучшения

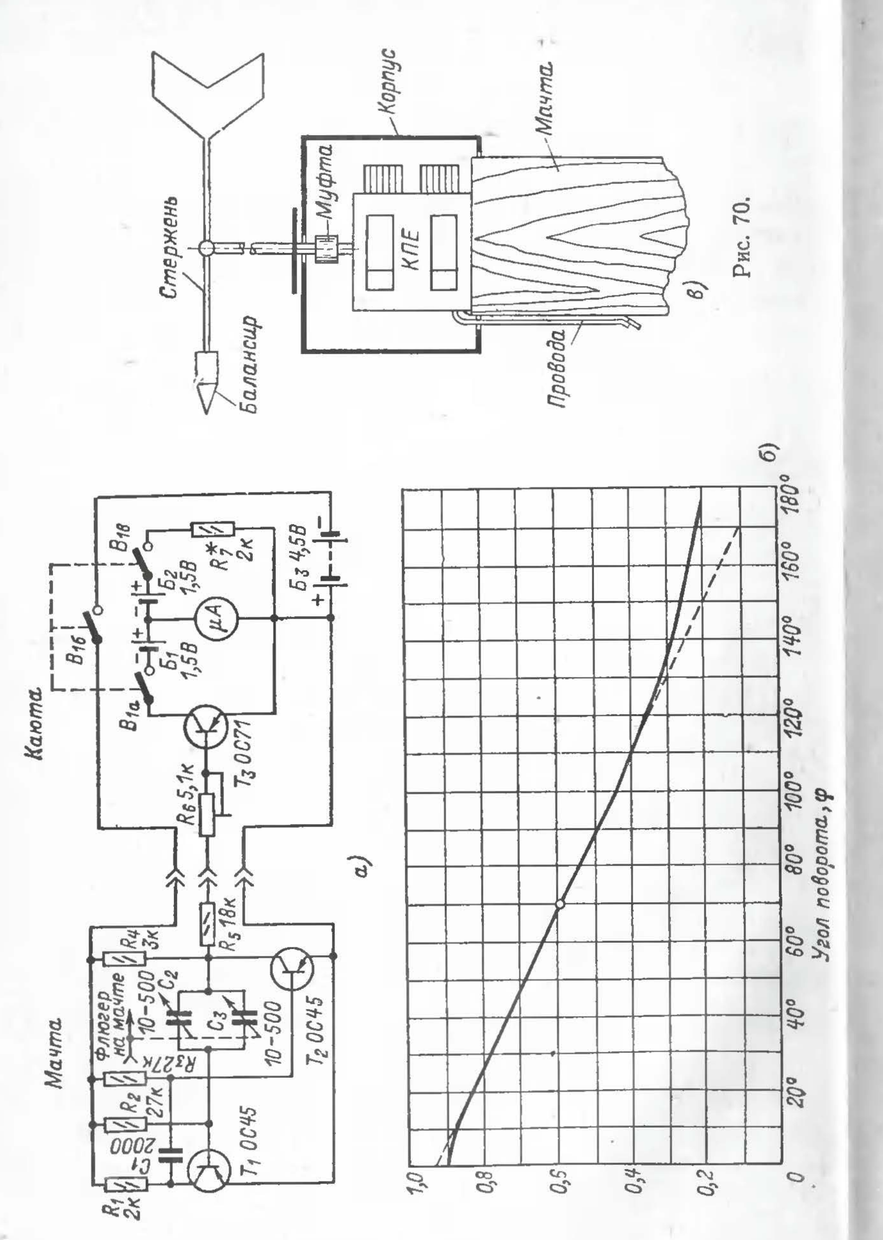


Рис. 70.

парусной оснастки или характеристик двигателей, но также внедрения средств электроники и автоматики. Что это дает, показано дальше на ряде примеров.

Электронный указатель направления ветра. Известно, что яхта или любое другое парусное судно достигает максимальной скорости хода лишь тогда, когда совпадают направление ветра и движение судна. Для того чтобы на ходу судна точно определить угол между этими направлениями и скорректировать направление хода судна, нужно обладать большой практикой. Но, как показали исследования, проведенные в Департаменте аэронавтики и астронавтики при Саутгемптонском университете в Англии, значение этого угла можно определить непосредственно по показаниям стрелочного электронного индикатора направления ветра.

На рис. 70, *а* приведена принципиальная схема указателя направления ветра, который может быть установлен практически на любой яхте. В указателе применен несимметричный мультивибратор, собранный на транзисторах T_1 и T_2. В одном плече мультивибратора включен конденсатор постоянной емкости C_1 на 2000 пФ, а во втором — обе секции C_2C_3 сдвоенного прямоемкостного блока конденсаторов переменной емкости (КПЕ) с суммарной максимальной емкостью 1000 пФ. На мачте яхты укреплен небольшой флюгер, площадь оперения которого около 1 дм², а длина по горизонтали около 25 см. Оси блока конденсаторов переменной емкости C_2C_3 и флюгера соединены между собой. Так как положение статора блока КПЕ зафиксировано относительно продольной оси судна, а направление горизонтального стержня флюгера совпадает с направлением ветра, то в зависимости от него будет меняться емкость КПЕ. Эта емкость влияет на длительность рабочего (проводящего) состояния транзисторов T_1 и T_2. В частности, чем меньше суммарная емкость секций КПЕ, тем короче по времени рабочее состояние транзистора T_2. В результате уменьшается среднее значение постоянного тока в цепи коллектора T_2. Подтверждением этого служит характеристика зависимости этого тока от угла поворота ротора блока КПЕ, изображенная на рис. 70, *б*. Как видно из него, при изменении угла поворота в пределах от 0 до 140° она практически линейна. Таким образом, если установить статор блока КПЕ так, чтобы диаметральная сторона его и продольная ось судна совпадали, а ротор блока вывести из статора на угол 70°, то тогда изменения направления ветра в пределах ±70° относительно продольной оси судна можно будет определить с достаточной точностью по показаниям индикатора тока. В качестве такого индикатора используется сбалансированный мост, состоящий из микроамперметра на 500 мкА с нулем посередине шкалы, трех гальванических батарей $Б_1$, $Б_2$ и $Б_3$, а также усилителя постоянного тока на транзисторе T_3. Батарея $Б_3$ используется только для питания мультивибратора.

Конструктивно указатель смонтирован в двух блоках, один из которых с находящимся в нем флюгером, блоком КПЕ и мультивибратором (рис. 70, *в*) устанавливают на мачте, а другой — в каюте. Блоки соединяют между собой трехпроводным кабелем. В качестве выключателя питания B_1 используют переключатель 2П3Н. Транзисторы T_1—T_3 могут быть типов МП41А, ГТ108 (желательно с малым обратным током коллекторного перехода $I_{к0}$).

Налаживание указателя следует начинать со снятия рабочей характеристики мультивибратора, которая может отличаться от приведенной на рис. 70, *б*. Затем определяют середину линейного участ-

ка рабочей характеристики, которая может соответствовать углу поворота ротора в пределах от 45 до 70°. Затем разворачивают статор блока КПЕ внутри металлического корпуса, который в дальнейшем будет установлен на вершине мачты. Далее, выводя ротор КПЕ в расчетную точку и подбирая сопротивление резистора R_7, добиваются, чтобы стрелка индикатора указывала на нуль. Для соответствия делений шкалы микроамперметра целым значениям углов в градусах подстраивают переменный резистор R_6 таким образом, чтобы при повороте ротора КПЕ на угол ±50° стрелка индикатора отклонялась на ±500 мкА. Тогда отклонение флюгера на 1° будет соответствовать изменению показаний индикатора на 10 мкА.

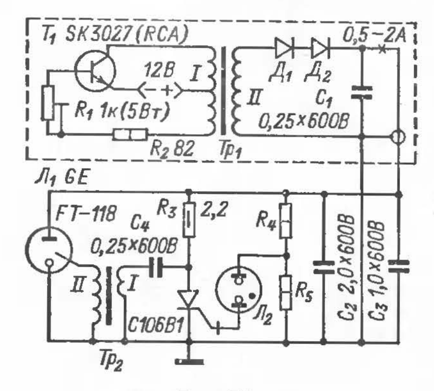


Рис. 71.

По данным первоисточника, описанная выше аппаратура испытывалась на борту английской яхты «Албакор» и показала хорошие результаты при постоянном ветре и малом волнении. При больших волнениях наблюдались скачки в показаниях индикатора. Автор статьи полагает, что применение электронного указателя направления ветра на борту килевых судов даст удовлетворительные результаты даже при неспокойной воде.

Электронная «отмашка». Если два судна идут встречными курсами, то согласно правилам судоходства капитаны обоих судов должны подать световые или зрительные сигналы, обозначающие борт, со стороны которого будет происходить расхождение судов. На крупных судах с этой целью применяются мощные лампы-вспышки, подобные используемым в фотографии. Импульсная мощность световых указателей расхождения судов исчисляется десятками тысяч ватт. Владельцы катеров и малых спортивных судов обычно обходятся с помощью «отмашки», т. е. небольшого белого флага, который водитель судна показывает с того борта, каким будет проходить расхождение. С учетом большой интенсивности встречного движения на основных водных маршрутах туристов работа «отмашкой» утомительна.

На рис. 71 дана принципиальная схема простого электронного устройства, которое заменяет «отмашку» и может быть установлено на борту спортивного судна, имеющего аккумулятор напряжением 12 В. Устройство описано в журнале американских радиолюбителей. Оно состоит из преобразователя постоянного напряжения 12 В в переменное напряжение 450 В, выполненного на транзисторе T_1 и трансформаторе Tp_1; высоковольтного выпрямителя на диодах $Д_1$ и $Д_2$; фильтрующих конденсаторов C_2 и C_3; лампы-вспышки $Л_1$ и узла для поджига этой лампы на тиристоре T_2 с неоновой лампой $Л_2$. Устройство автоматически включает импульсную лампу с частотой от 10 до 60 раз в минуту. Скорость вспышек можно регулировать переменным резистором R_1. Длительность каждой вспышки около 1 мс, а ее яркость эквивалентна яркости света лампы накаливания мощностью 10 кВт.

Описанное выше электронное устройство может быть выполнено с использованием импульсной лампы-вспышки типа ИФК-120 ($Л_1$), неоновой лампы МН-4 или МН-3 ($Л_2$), транзистора типа П701 (T_1), тиристора типа КУ202М или КУ202Н (T_2) и диодов типов Д248 или КД202Р, КД202С, КД203Б, КД203Г ($Д_1$, $Д_2$). Трансформатор Tp_1 готовый, от сетевого лампового приемника II—IV классов. Он должен иметь две одинаковые накальные обмотки на 6,3 В. Эти обмотки соединяют последовательно и используют их как первичную (*I*). В качестве вторичной обмотки (*II*) используют повышающую на 250—300 В. Все конденсаторы должны быть бумажными, например типа МБМ на напряжение 750 В. Повышающий трансформатор Tp_2 в узле поджига лампы $Л_1$ самодельный. Он содержит две обмотки, выполненные проводом марки ПЭЛШО 0,1—0,15, по 20 (*I*) и 600 (*II*) витков, намотанных на цилиндрическом каркасе, внутрь которого вставляют кусок ферритового стержня от магнитной антенны.

Электронный анемометр. Анемометром называется прибор, измеряющий скорость ветра в секунду или в час. Распространены анемометры механического и электромеханического типов, основанные на измерении частоты вращения вертушки. Для того чтобы ускорить и упростить процесс измерения и делать их, не выходя из помещения или каюты, можно применить электронный анемометр, индикатором которого служит обыкновенный миллиамперметр. На рис. 72, *а* приведена принципиальная схема такого прибора, описанного в американском радиожурнале.

Основой этого прибора является мост, два плеча которого образованы последовательно соединенными терморезистором R_{10}, переменным R_2 и постоянным R_1 резисторами, а другие два — терморезистором R_{11} и постоянными резисторами R_5, R_7, R_8. В одну диагональ моста включены соединенные последовательно ртутная батарея $Б_1$ и реостат R_9, а в другую — последовательно соединенные миллиамперметр, переменный резистор R_4 и постоянный R_6. Для проверки и установки напряжения источника питания используется переключатель B_1, с помощью которого миллиамперметр может быть подключен параллельно источнику питания через дополнительный резистор R_3.

При включении питания с помощью кнопки $Кн_1$ в обоих плечах моста начинают течь токи. Если оба терморезистора имеют одинаковые характеристики и находятся в одинаковых условиях, то повышение их температуры под воздействием проходящего через них тока будет также одинаковым. Поэтому мост, если он раньше был сбалансирован, будет находиться в равновесии, т. е. ток через измерительный прибор будет равен нулю. В описываемой конструкции оба терморезистора размещены в двух одинаковых прозрачных пластмассовых стаканчиках, находящихся на небольшом расстоянии

друг от друга (рис. 72, *б*). От прямого воздействия солнечных лучей и непогоды плата с установленными на ней датчиками (терморезисторами) защищена небольшим навесом (на рисунке не показан).

Единственная разница между конструкциями датчиков заключается в том, что один пластмассовый стаканчик имеет по образующей

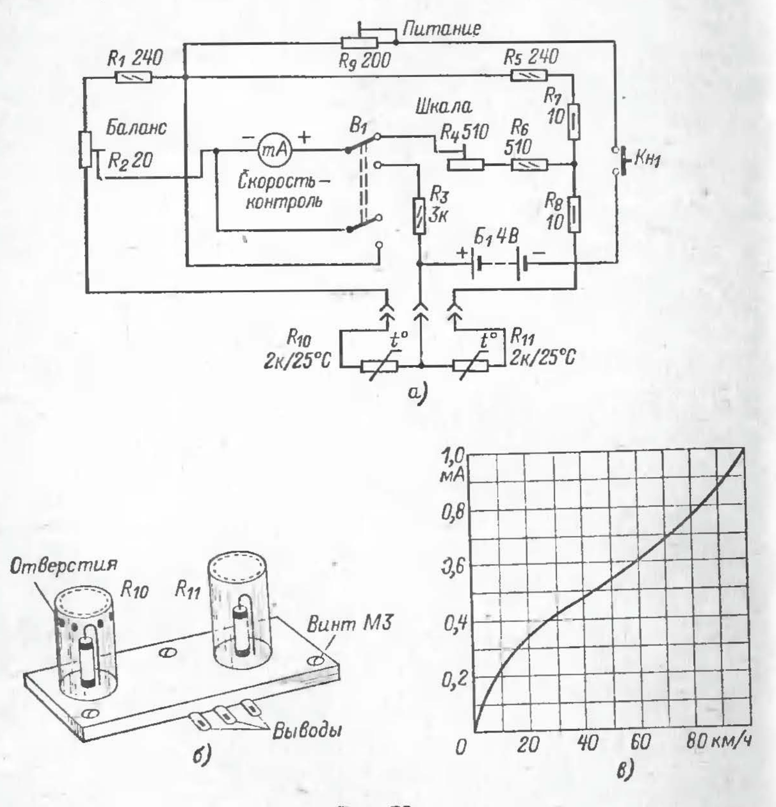


Рис. 72.

цилиндра дополнительные отверстия, а у другого таких отверстий нет (рис. 72, *б*). Эта разница и позволяет измерять скорость ветра. Терморезистор, который находится в стаканчике с отверстиями, при обдувании встречным ветром охлаждается в большей степени, чем тот, который находится в закрытом стаканчике. Чем больше скорость ветра, тем больше различие в температуре терморезисторов. Так как сопротивление терморезистора очень сильно зависит от его температуры, то в результате под действием ветра будет нарушен баланс моста. Степень разбалансирования определяется по показаниям миллиамперметра. На рис. 72, *в* приведена зависимость тока через

измеритель от скорости ветра, полученная во время движения по автостраде автомобиля с различной скоростью.

Налаживание прибора состоит в установке баланса моста при отсутствии ветра (переменным резистором R_2 добиваются нулевого показания миллиамперметра). Затем при помощи переменного резистора R_4 регулируют масштаб шкалы. В качестве источника питания можно применить четыре ртутных элемента типа ОР-2, включив их последовательно. Для увеличения срока службы батареи и сохранения точности измерений целесообразно начинать эксплуатацию прибора со свежей батареей при максимальном сопротивлении переменного резистора R_9. В дальнейшем в случае необходимости можно будет уменьшать это сопротивление, добиваясь одного и того же показания миллиамперметра в положении переключателя B_1 «Контроль». В случае необходимости ртутную батарею можно заменить доступной батареей 3336Л, но ее срок службы составит 30—50 ч вместо 100—150 (учитывается только время, в течение которого нажата кнопка $Кн_1$, на что при одном измерении требуется около 1 мин). Шкала миллиамперметра калибруется индивидуально для каждого прибора, что объясняется разбросом параметров терморезисторов.

19. ЭЛЕКТРОНИКА В МИРЕ ЖИВОТНЫХ

В последние годы на страницах зарубежных радиолюбительских журналов стали появляться статьи с описаниями различных конструкций, которые предложены для защиты от вредных насекомых или использования промысловиками для определения местоположения косяков рыб. Вот некоторые из них.

«Кыш, козявка!» Во многих районах земного шара встречаются вредные для здоровья человека насекомые — москиты. Москиты являются обитателями джунглей Юго-Восточной Азии, полупустынь Азии и Латинской Америки. Когда-то москиты были распространены на территории Средней Азии, на Черноморском побережье Кавказа, но за годы Советской власти их колонии в этих краях были уничтожены. Во многих зарубежных странах москиты по-прежнему являются бичом местного населения. Они являются переносчиками ряда очень тяжелых заболеваний.

Люди давно ищут надежные средства борьбы с москитами. Применяют различные профилактические, санитарно-гигиенические и другие средства. Совсем недавно стало известно, что свою лепту в борьбе с москитами может внести и электроника. Это стало возможным благодаря проведенным научным исследованиям, которые показали, что некоторые виды москитов по-разному реагируют на звуковые колебания высших частот. Например, частота 2 кГц привлекает самцов и, наоборот, отпугивает самок.

С учетом этих особенностей поведения москитов радиолюбителями был разработан малогабаритный (размером с пачку сигарет) электронный прибор, названный «Кыш, козявка!».

На рис. 73 приведена принципиальная схема прибора, представляющего собой простейший релаксационный генератор звуковой частоты. Он собран на однопереходном транзисторе T_1, который питается от батареи для карманного приемника напряжением 9 В. Генератор нагружен электромагнитным телефоном. Частота генерации определяется произведением емкости конденсатора C_1 на суммарное сопротивление резисторов R_2 и R_3.

Налаживание прибора несложно. Включают питание и при помощи переменного резистора R_3 устанавливают на слух или по приборам частоту генерации, равную 2,0—2,5 кГц. Возможности генератора позволяют изменять частоту генерации в широких пределах (от самых низших до 10 кГц и выше, вплоть до ультразвуковых, отпугивающих всех москитов, как самцов, так и самок). Следует отметить, что высшие ультразвуковые колебания могут вызывать сильное раздражение различных домашних животных, например, кошек и собак.

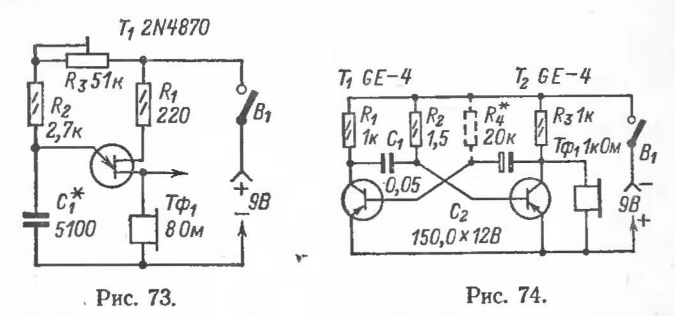


Рис. 73.

Рис. 74.

Эксперименты показали, что радиус действия описанного прибора составляет всего 1,2 м, поэтому для защиты верхней части тела, наиболее доступной для москитов, прибор лучше всего носить в нагрудном кармане куртки или рубашки.

В случае необходимости радиус действия электронной защиты от москитов может быть существенно увеличен путем использования дополнительного усилителя мощности низкой частоты, вход которого присоединяют параллельно телефону $Тф_1$ через делитель напряжения 10 : 1. Для изготовления прибора можно использовать транзистор типа КТ117 с любым буквенным индексом, батарею «Крона-ВЦ», постоянные резисторы ВС-0,125, переменный СПЗ-4 или СПО, а также конденсатор типа КЛС или БМ емкостью 3300—6800 пФ.

Следует также указать, что эксперименты по отпугиванию москитов можно проводить с помощью звуковых генераторов других конструкций, например использовав усилитель низкой частоты от переносного приемника, работающий в режиме самовозбуждения. Подобные эксперименты могут оказаться эффективными при выборе частоты генерации, которая отрицательно влияет на других вредителей, например мышей и крыс. Таким образом, радиолюбители могут принять посильное участие в разработке средств борьбы с вредными для человека насекомыми и грызунами.

Электронная «приманка» для рыб. В результате многочисленных исследований доказано, что поговорка «нем, как рыба» лишена смысла. Рыбы не только издают звуки в широком диапазоне частот (от 200 Гц до 13 кГц), но и слышат звуки, реагируют на них. При этом различные виды речных и морских рыб издают и воспринимают звуки определенного спектра частот. Эту особенность давно используют промысловики, которые с помощью высокочувствительной аппаратуры подслушивают звуки, издаваемые косяками рыб, и направляют на них суда. В одном из американских радиолюбительских

журналов было опубликовано описание самодельного электронного устройства для прослушивания звуков, издаваемых рыбами. Прибор выполнен с применением гибридной интегральной схемы, усиливающей сигналы во всей полосе наблюдаемых частот в 10^5 раз по напряжению. Во время опытов усилитель вместе с источником тока находился на борту катера, а кабель длиной 15 м с микрофоном опускали в воду. С помощью такого прибора рыболов быстро осваивает «язык» различных видов рыб, отличает одиночных рыб от групп. Правда, прием «сигналов» от рыб происходит на фоне больших помех со стороны работающего двигателя судна. К сожалению, устройство для прослушивания «разговора» рыб, о котором идет речь, сложно, поэтому рекомендовать его для повторения широкому кругу радиолюбителей нецелесообразно.

Интересно отметить, что некоторые виды рыб (главным образом крупных) проявляют повышенный интерес к источникам различных звуков, в особенности импульсного характера. Учитывая это, один американский радиолюбитель предложил применять «электронные» приманки для крупных рыб в виде малогабаритного генератора звуковых колебаний, собранного по схеме, приведенной на рис. 74.

«Электронная» приманка представляет собой несимметричный мультивибратор, собранный на транзисторах T_1 и T_2 и нагруженный головным телефоном. Все устройство размещено в пластмассовом герметичном корпусе. Для излучения колебаний в одной стенке корпуса сделан цилиндрический вырез, к которому прижата мембрана телефона так, чтобы внутрь устройства не поступала вода. Диаметр отверстия около 15 мм.

Устройство можно изготовить, используя транзисторы типа МП41А или МП41Б и телефон типа ТОН-2. В качестве источника питания удобно взять батарею «Крона-ВЦ». Налаживание прибора сводится к установке устойчивой генерации. Частоту повторения импульсов регулируют, присоединяя дополнительный резистор R_4, обозначенный на рис. 74 пунктиром.

По данным автора описанной конструкции, электронная «приманка» вполне оправдала свое название.

20. БЫТОВАЯ АВТОМАТИКА И СИГНАЛИЗАЦИЯ

За рубежом опубликовано очень много описаний различных бытовых устройств автоматики и сигнализации. Ряд таких устройств хорошо известен советским радиолюбителям и применяется ими, другие известны в меньшей степени.

В этом параграфе речь пойдет о простых конструкциях, которые могут найти широкое применение дома и в туристическом походе, а также при создании различных устройств производственной сигнализации.

Реле, управляемые светом. Реле, управляемые светом, хорошо известны радиолюбителям. Основой любого светового реле является светочувствительный датчик (фоторезистор, фотодиод или фототранзистор), который управляет работой усилителя постоянного или переменного тока, нагруженного исполнительным прибором (реле, громкоговорителем, электромагнитом, лампой накаливания и т. п.). В усилителях световых реле наиболее широко применяются тиристоры и транзисторы, как это показано на рис. 75, *а* и *б* соответственно. Светочувствительным элементом реле, схема которого дана на рис. 75, *а*, служит фоторезистор R_1, включенный к делителю напря-

жения в цепи управляющего электрода тиристора, в реле, изображенном на рис. 75, *б*, — фототранзистор T_1, который находится в цепи смещения базы транзистора T_2. В обоих случаях срабатывание реле происходит при освещении рабочей поверхности датчика ярким светом. Тогда сопротивление датчика становится малым, и через него идет большой ток, который в дальнейшем усиливается тиристором или транзистором. Схемы реле, показанные на рис. 75, стандартны и не представляют особого интереса, но зато их применение

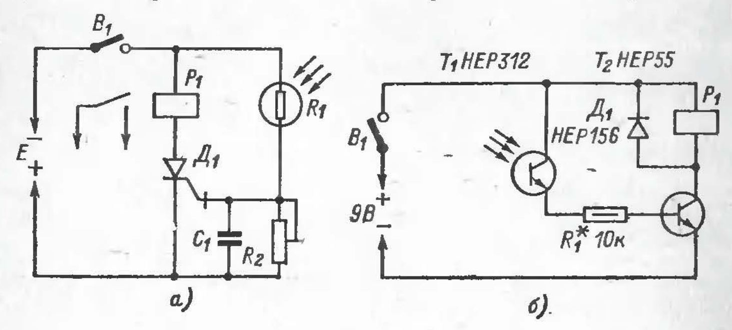


Рис. 75.

в ряде случаев является неожиданным. Так, световое реле, собранное по схеме рис. 75, один радиолюбитель из США рекомендовал использовать для предсказания приближения тайфунов. Как показали наблюдения радиолюбителей, в радиусе 15—30 км от тайфунов, часто посещающих североамериканский континент и приносящих американскому народу большой ущерб, наблюдается действие мощных помех телевидению. Ученые установили, что источником помех является центр тайфуна, характеризующийся низким давлением и действием мощных электрических разрядов, причем помехи оказывались настолько мощными, что вызывали вспышки на экранах телевизоров, у которых регулятор яркости находился в положении минимума. Эту особенность помех со стороны тайфунов и предложил использовать американский радиолюбитель. Суть его предложения заключается в следующем. Первоначально телевизор переключают на 12-й канал и, регулируя яркость, добиваются едва различимого изображения растра. Затем телевизор переключается на тот низкочастотный канал (например, второй), где нет приема телевизионной программы. После этого вблизи экрана устанавливается датчик — фоторезистор R_1. При приближении тайфуна под действием помех экран телевизора начинает ярко светиться, и реле срабатывает, включая световой или звуковой сигнал, предупреждающий об опасности.

К сожалению, на принципиальной схеме устройства, сигнализирующего о приближении тайфуна, опубликованной в одном из журналов США, не были указаны сопротивления резисторов, емкость конденсатора и тип тиристора. Поэтому автор книги не может дать конкретных рекомендаций по замене их отечественными деталями.

Световое реле, выполненное по схеме рис. 75, *б*, было использовано радиолюбителями для дистанционного включения и выключения громкоговорителя телевизора с помощью луча карманного фонарика. Необходимость в таком переключении может возникнуть в США или других странах, где телевизионные программы перегружены разного рода рекламными вставками. Для борьбы с такими коммерческими «помехами» телевидению и предназначается световое реле. Чтобы отключить звуковое сопротивление в телевизоре, достаточно навести луч карманного фонаря на чувствительную поверхность датчика, чтобы включить — погасить этот луч.

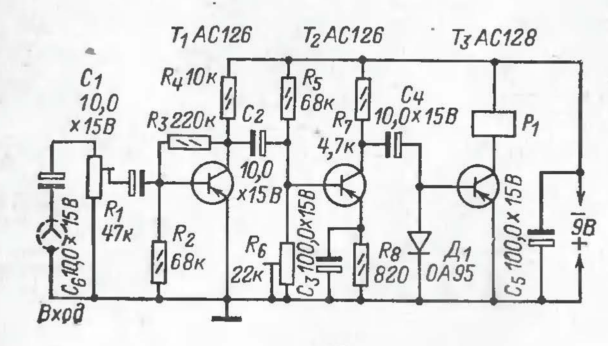


Рис. 76.

Такое реле может найти применение и для других целей, например включения и выключения на расстоянии до 5—10 м какого-либо прибора, к которому трудно подойти или пребывание вблизи которого опасно для здоровья. В этом случае в качестве чувствительного элемента можно использовать не фототранзистор, а обычный фотодиод (ФД-1 или другие), присоединив его катод к положительному полюсу источника питания и анод через резистор R_1 к базе транзистора T_2. Последний может быть типа КТ315 с $B_{ст}=80$ и более. Диод $Д_1$ можно взять типа Д7Б или Д226А.

Звуковое реле. Звуковое реле срабатывает при появлении громкого звука. Иногда его снабжают дополнительным фильтром, настроенным на определенную звуковую частоту. Тогда реле будет реагировать только на звуки определенной частоты.

Простое звуковое реле описано на страницах журнала бразильских радиолюбителей. Его принципиальная схема дана на рис. 76.

Реле состоит из двухкаскадного усилителя НЧ, собранного на транзисторах T_1 и T_2, которые включены по схеме с общим эмиттером, и диодного детектора, нагруженного входным сопротивлением каскада усиления постоянного тока на транзисторе T_3. Исполнительное электромагнитное реле включено в цепь коллектора этого транзистора. Питание устройства осуществляется от батареи или выпрямителя напряжением 9 В. Чувствительность реле регулируют при помощи переменного резистора R_1, порог срабатывания устанавливают переменным резистором R_6. Источником сигнала может служить высокочувствительный пьезоэлектрический или динамический микрофон.

Изготовить описанное реле можно на транзисторах типа МП41А или МП42Б с $B_{ст}=60\div80$. Диод $Д_1$ типа Д9Б или Д9В.

Если нет возможности найти специальный микрофон, то можно обойтись вместо него телефонами ТМ-2 или ТМ-4. Звуковые сигналы подают голосом или при помощи свистка.

Электронный будильник. Часто возникает необходимость разбудить человека на восходе солнца или, наоборот, при наступлении темноты, включить или выключить сигнальное устройство при определенном наружном освещении. На рис. 77 приведены принципиальные схемы простейших электронных будильников, один из которых подает сигнал при наступлении темноты (рис. 77, *а*), а другой — при восходе солнца (рис. 77, *б*). Первое устройство может также сигнализировать об аварийном выключении освещения

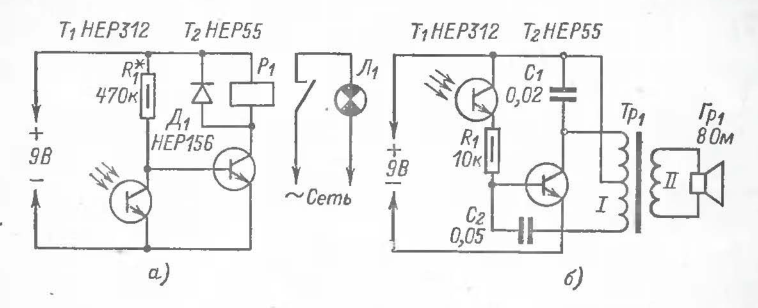


Рис. 77.

в помещении. Второе лучше всего подходит для подачи звукового сигнала людям, которым необходимо выйти из дома с восходом солнца, например охотникам, грибникам или рыболовам.

Для изготовления устройства, схема которого показана на рис. 77, *а*, можно использовать транзистор КТ315 с $В_{ст}=60\div80$ (T_2) и вместо фототранзистора T_1 фотодиод типа ФД-1, включив его анодом к базе, а катодом к эмиттеру транзистора T_2. Диод $Д_1$ — Д7Б или Д226А.

Будильник по схеме рис. 77, *б* представляет собой генератор низкой частоты на транзисторе T_2, нагруженный динамической головкой $Гр_1$, которая включена в цепь коллектора T_2 через выходной трансформатор $Тр_1$. Динамическая головка и трансформатор взяты от карманного приемника. Для постройки этого будильника можно применить такие же полупроводниковые приборы, как и для устройства на рис. 77, *а*, но анод фотодиода должен быть подключен к верхнему по схеме выводу резистора R_1, а катод — к положительному полюсу источника питания.

Описания обоих будильников были опубликованы на страницах американского радиолюбительского журнала.

Электронный пылеуловитель. Обычно для очистки воздуха от пыли применяют сложные и громоздкие механические фильтры. Значительно улучшить производительность и уменьшить размеры очистительных установок можно, если применить электронный пылеуловитель. Принцип его действия заключается в следующем (рис. 78, *а*). Загрязненный воздух проходит через металлический корпус *4* (короб), внутри которого установлены две металлические проволочные сетки, расположенные последовательно одна за дру-

гой. Первая сетка *1* изолирована от короба и находится по отношению к нему под напряжением 5,2 кВ. Вторая сетка *2* имеет надежный электрический контакт с коробом, т. е. заземлена. Частицы пыли, проходя через первую проволочную сетку, приобретают электрический заряд, который заставляет их оседать на проволоке второй сетки, имеющей по отношению к первой сетке противоположный потенциал. Для очистки воздуха от крупных частиц между первой и второй сетками установлен дополнительный механический фильтр *3*. Очищенный воздух выходит из противоположного отверстии короба, а пыль осаждается на дне короба вблизи второй сетки.

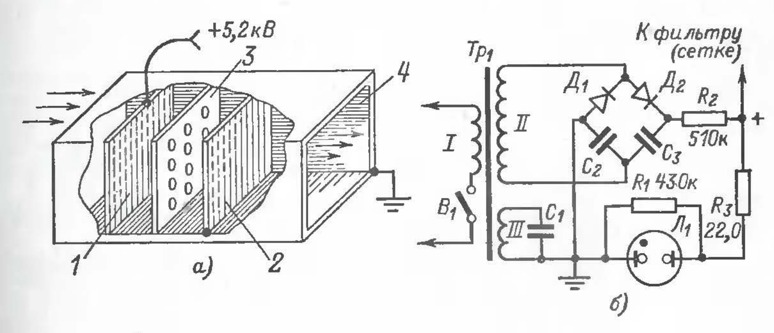


Рис. 78.

На рис. 78, *б* приведена принципиальная схема высоковольтного выпримителя для питания этого пылеуловителя. Устройство состоит из повышающего трансформатора $Тр_1$, питаемого от сети, и выпрямителя, собранного по схеме удвоения напряжения на диодах $Д_1$, $Д_2$ и конденсаторах C_2, C_3. Выходной ток выпрямителя ограничивается до безопасного для человека значения (5 мА) с помощью резисторов R_1—R_3, а также дополнительной обмотки *III* трансформатора $Тр_1$, которая вместе с конденсатором C_1 образует феррорезонансный стабилизирующий контур. Благодаря воздействию его в случае превышения выпрямленным током 5 мА напряжение на обмотке *II* трансформатора понижается, и значение выпрямленного тока уменьшается до исходного (5 мА).

Неоновая лампа $Л_1$ в этом выпрямителе играет роль сигнализатора величины выпрямленного напряжения. Она включена параллельно резистору R_1, сопротивление которого подобрано таким образом, чтобы при выпрямленном напряжении 5,2 кВ напряжение на резисторе R_1 составляло около 100 В, т. е. столько, сколько необходимо для зажигания неоновой лампы. По мере накопления пыли на второй сетке ток, потребляемый пылеуловителем, увеличивается, а выходное напряжение выпрямителя понижается. Отсутствие свечения лампы будет свидетельствовать о том, что пылеуловитель требует очистки. Конечно, она должна происходить при выключенном питании.

Согласно статье, где описан электронный пылеуловитель, в его выпрямителе используются кремниевые столбы, аналогичные отечественным высоковольтным диодам типа Д1006—Д1008. Транс-

форматор $Тр_1$ с целью повышения его электрической прочности залит эпоксидным лаком.

Простые полупроводниковые термометры. Температурная зависимость параметров кремниевых полупроводниковых приборов обладает высокой стабильностью, вследствие чего кремниевые диоды и транзисторы могут быть использованы в качестве высокочувствительных датчиков температуры. Несомненным достоинством полупроводниковых термометров является быстрота снятия отсчетов, обусловленная малой термической инерцией полупроводникового кристалла.

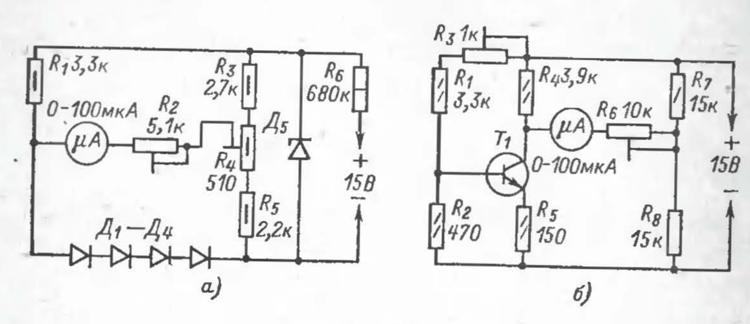


Рис. 79.

На рис. 79 приведены принципиальные схемы простейших полупроводниковых термометров на диодах (рис. 79, *а*) и транзисторе (рис. 79, *б*), опубликованные в одном из американских радиожурналов. В термометре, схема которого дана на рис. 79, *а*, чувствительным элементом (датчиком) служат четыре кремниевых диода, включенных последовательно и питаемых постоянным током величиной 1 мА. При этом используется смещение вольт-амперной характеристики кремниевых диодов в сторону нуля на $2{,}11 \pm \pm 0{,}06$ мВ/°С. Таким образом, при увеличении температуры от —18 до +100° С напряжение, действующее на каждом диоде, уменьшается более чем на 400 мВ (от 688 до 270 мВ). Следовательно, на всех четырех диодах напряжение уменьшится на 1,6 В, т. е. будет в 4 раза больше.

Для измерения колебаний напряжения на диодах они включены в одно из плеч моста, в целом состоящего из делителя напряжения на резисторах R_3—R_5 и резистора R_1, последовательно соединенного с диодами $Д_1$—$Д_4$. Индикатором термометра является микроамперметр, включенный в диагональ моста через переменный резистор R_2. Мост питается постоянным напряжением 6 В, стабилизированным кремниевым стабилитроном $Д_5$.

Налаживание диодного термометра сводится к калибровке его шкалы, которую осуществляют следующим образом. Диоды, покрытые водостойким лаком, помещают в сосуд с водой, температуру которой контролируют ртутным термометром. Длина проводников, соединяющих диоды $Д_1$—$Д_4$ с измерителем, может составлять несколько метров. Охлаждая или подогревая воду, можно пройти диапазон температур от нуля до 100° С, делая при этом соответствующие отметки на шкале микроамперметра. «Нуль» смещают

в нужное место шкалы прибора, подстраивая переменный резистор R_4, а диапазон измерения температуры подбирают переменным резистором R_2. Для питания диодного термометра можно использовать любой источник постоянного тока напряжением 12—16 В.

Значительно большей чувствительностью обладает транзисторный термометр, схема которого изображена на рис. 79, *б*. Это объясняется тем, что здесь в качестве чувствительного элемента используется транзистор, работающий в усилительном каскаде, собранном по схеме с разделенными нагрузками. Благодаря усилительным свойствам транзистора чувствительность термометра возрастает в десятки раз. Органы регулирования и настройки здесь такие же, как в ранее рассмотренной конструкции.

При изготовлении термометра по схеме рис. 79, *а* можно использовать диоды типа Д105 или Д106 ($Д_1$—$Д_4$), КС156А ($Д_5$). В термометре по схеме рис. 79, *б* транзистор T_1 может быть типа КТ315 или КТ312 с любым буквенным индексом. Термометр с транзистором типа КТ312 будет обладать меньшей тепловой инерцией, так как у этого транзистора корпус металлический, а у КТ315 — пластмассовый.

Все описанные термометры могут измерять также и отрицательные температуры вплоть до —70° С. В этом случае в термометре целесообразно установить микроамперметр на 100 мкА с нулем в середине шкалы.

Полупроводниковые термометры очень удобны для дистанционного измерения температуры. Например, поместив несколько групп диодов в различных точках холодильника, путем переключения их можно контролировать температуру соответствующего участка. Другой пример — измерение температуры поверхности земли и околоземного слоя воздуха. В условиях сельской местности это имеет большое значение, так как может предупредить о наступлении весенних и летних заморозков на почве. Следить за температурой почвы или воздуха в саду или в огороде можно по показаниям прибора, установленного непосредственно в помещении. Возможны и другие варианты применения полупроводниковых термометров.

Глава шестая

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

21. ГЕНЕРАТОРЫ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Измерительные генераторы низкой частоты применяют для проверки качества работы усилителей низкой частоты, электроакустических установок, настройки электромузыкальных инструментов. В любительской практике широко распространены генераторы низкой частоты двух видов — гармонических и релаксационных колебаний.

Многодиапазонный генератор гармонических колебаний НЧ. На рис. 80 приведена принципиальная схема простого генератора гармонических (синусоидальных) колебаний, работающего в диапазоне частот от 20 Гц до 200 кГц, описанного в бразильском радиожурнале. Достоинствами этого генератора являются простота кон-

струкции, большое выходное напряжение (до 1 В) при коэффициенте нелинейных искажений менее 0,5% на частотах от 50 Гц до 50 кГц и не более 1% на краях диапазона. Весь диапазон генерируемых частот разбит на четыре поддиапазона: 20—200 Гц, 200—2000 Гц, 2—20 кГц, 20—200 кГц.

Основой прибора является задающий автогенератор на транзисторах T_1—T_3, выполненный по схеме с обратной связью, осуществляемой мостом Вина (переменные резисторы R_1, R_4 и конденсаторы C_1—C_4, C_5—C_8). Переключение поддиапазонов осуществляется переключателем B_1, а плавная перестройка частоты в пределах

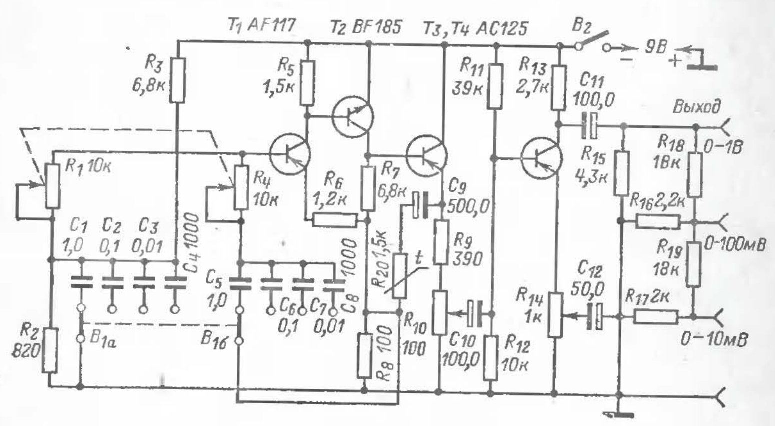


Рис. 80.

выбранного поддиапазона производится вращением ползунков сдвоенных переменных резисторов R_1 и R_4. Шкала частот линейная, т. е. значения генерируемой частоты пропорциональны углу поворота этих ползунков.

Выходное напряжение генератора плавно регулируется переменным резистором R_{10}. Калиброванный уровень колебаний устанавливают при помощи переменного резистора R_{14}, который регулирует усиление оконечного каскада, собранного на транзисторе T_4. Для удобства пользования прибором его выход снабжен трехступенчатым декадным аттенюатором (резисторы R_{15}—R_{19}). Повышение стабильности выходного напряжения и улучшение формы генерируемых колебаний достигаются при помощи терморезистора R_{20}.

В генераторе могут быть использованы транзисторы типа П422 или П423 (T_1), КТ312 или КТ315 с любым буквенным индексом (T_2) и МП41А или МП42Б с $B_{ст}=80\div100$ (T_3, T_4). Терморезистор R_{20} должен иметь сопротивление 1500—2000 Ом при температуре 20°С

Релаксационный генератор для осциллографического контроля работы усилителей НЧ. Опытные радиолюбители широко используют осциллографы для визуального наблюдения формы сигнала в различных участках усилителя или приемника. При контроле работы усилителей НЧ в качестве источника сигнала, подаваемого на

их входы, лучше использовать различные релаксационные генераторы, форма колебаний которых отличается от гармонической ввиду присутствия мощных гармоник основной частоты с общей мощностью до десятков процентов от всей мощности колебаний на выходе генератора. Это очень удобно для осциллографических измерений, так как по искажениям формы колебаний на выходе того или иного каскада можно судить об амплитудных или частотных искажениях в нем.

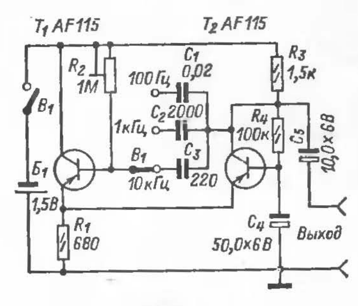


Рис. 81.

На рис. 81 представлена принципиальная схема простого генератора импульсов прямоугольной формы, собранного на двух транзисторах и питающегося от одного гальванического элемента напряжением 1,5 В. Генератор собран по схеме несимметричного мультивибратора, форма колебаний которого корректируется переменным резистором R_2, а частота повторения импульсов выбирается с помощью переключателя B_1 и может быть равна 100 Гц, 1 и 10 кГц. Такое сочетание частот позволяет проверить работу усилителя вблизи границы низших частот, в середине диапазона и около границы высших частот полосы пропускания испытываемого усилителя НЧ.

В этом генераторе могут быть установлены транзисторы типа П422 или П423, ГТ309А. Если не предполагается испытание усилителей с полосой пропускания более 20 кГц, то возможно применение транзисторов типа МП41А или МП42Б.

22. ГЕНЕРАТОРЫ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Измерительные генераторы промежуточной и высокой частоты используются при налаживании и проверке тракта усиления ПЧ и ВЧ приемников прямого усиления и супергетеродинов, а также калибровки шкалы настройки приемников.

Генератор качающейся промежуточной частоты. При наличии осциллографа фильтры ПЧ можно точно и быстро настроить, применяя специальный генератор, частота которого изменяется синхронно с горизонтальной разверткой луча на экране электронного осциллографа. Здесь могут быть использованы как сложные стандартные генераторы качающейся частоты промышленного производства, так и простые любительские конструкции, подобные той, которая была разработана одним из радиолюбителей из ГДР. На рис. 82, *а* представлена принципиальная схема этого генератора, а на рис. 82, *б* его рабочая характеристика, а также примерный вид изображения на экране электронного осциллографа амплитудно-частотной характеристики тракта ПЧ испытываемого приемника (рис. 82, *в*).

Прибор состоит из задающего автогенератора ПЧ на транзисторе T_1, частота генерации которого управляется при помощи изменения емкости *p-n* перехода диода $Д_1$, и выходного эмиттерного повторителя на транзисторе T_2. Диод $Д_1$ подключен параллельно

резонансному контуру L_2C_5. Емкость *p-n* перехода диода $Д_1$ изменяется под действием внешнего напряжения, подаваемого от генератора горизонтальной развертки осциллографа на гнездо $Гн_1$. В результате меняется частота генерируемых колебаний. Изменение напряжения на $Гн_1$ в пределах от 0 до —5 В приводит к изменению генерируемой частоты на 120 кГц (с 380 до 500 кГц), причем на участке, отмеченном буквами *А* и *Б*, наблюдается практически линейная зависимость частоты генерации от напряжения развертки.

При подключении выхода генератора ($Гн_2$) ко входу тракта промежуточной частоты супергетеродина, а входа канала верти-

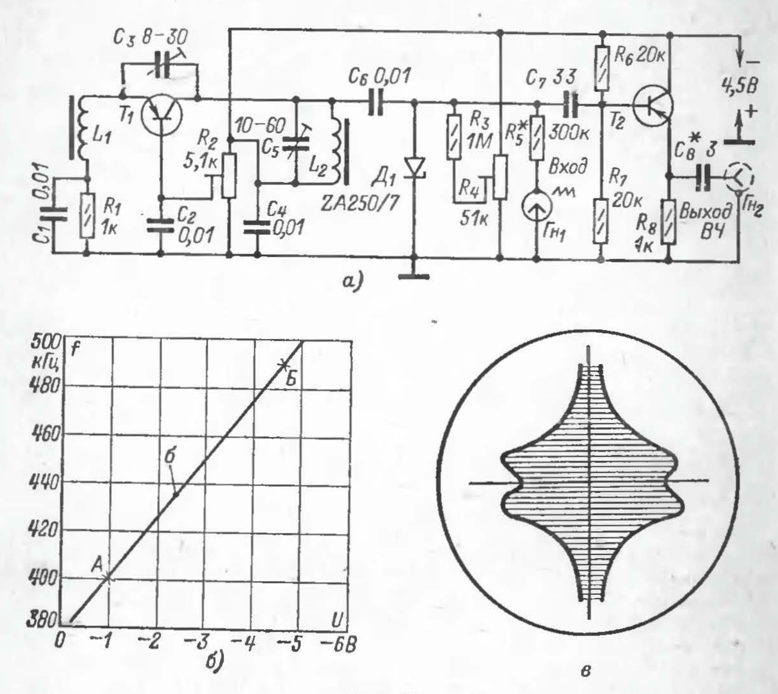


Рис. 82.

кального отклонения осциллографа к выходу этого тракта на экране осциллографа будет получено изображение, подобное рис. 82, *в*. Подстраивая конденсаторы или сердечники соответствующих контуров, добиваются получения требуемой формы амплитудно-частотной характеристики тракта ПЧ.

При изготовлении описанного генератора можно использовать транзисторы П422, П423 или ГТ309А—ГТ309В. В качестве диода $Д_1$ целесообразно использовать стабилитроны Д815Г, Д816Д, Д809—Д811. Индуктивность катушки L_2 должна составлять 0,48 мГ, L_1 — вдвое меньше. В случае применения броневых унифицированных сердечников из феррита 600НН или Ф600 катушки наматывают

проводом ПЭВ-1 0,12. Они должны содержать 147 витков (L_2) и 100 витков (L_1).

При необходимости генератор может быть использован и без осциллографа, например, для калибровки шкалы другого прибора. В этом случае частоту генерации изменяют при помощи переменного резистора R_4, регулирующего напряжение начального смещения на диоде $Д_1$.

Генератор для налаживания трактов ВЧ, ПЧ и НЧ приемника. На рис. 83 дана принципиальная схема простого генератора, предназначенного для налаживания трактов ВЧ приемников прямого

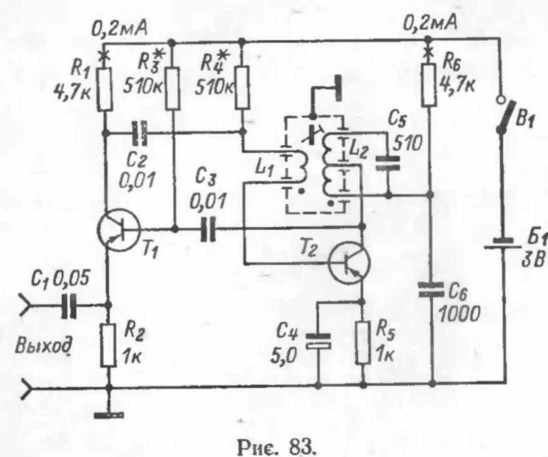


Рис. 83.

усиления, а также трактов ПЧ и НЧ супергетеродинов. Генератор представляет собой мультивибратор на двух транзисторах T_1 и T_2, который генерирует одновременно НЧ импульсы и модулированные ими колебания на промежуточной частоте 455 кГц. Частота НЧ колебаний зависит от параметров элементов базовых цепей транзисторов (резисторов R_3, R_4 и конденсаторов C_2, C_3), а ВЧ колебаний — от данных резонансного контура L_2C_5. Питается генератор низким напряжением (2—3 В). В качестве источника питания можно использовать два гальванических элемента 316, 343 или 373. Выходные колебания НЧ и ВЧ (одновременно) снимаются с резистора R_2 через конденсатор C_1.

Транзисторы могут быть типа П422 или П423, ГТ309, ГТ322 с любыми буквенными индексами. Катушки индуктивности L_1 и L_2 наматывают проводом ПЭЛШО 0,12 на двухсекционном каркасе, помещаемом в унифицированном броневом сердечнике из феррита марок 400НН, 600НН, Ф600. Они содержат 10 и 100 витков соответственно. Промежуточная частота 455 кГц используется лишь в зарубежных супергетеродинах, поэтому для налаживания отечественных приемников контур L_2C_5 должен быть настроен на частоту 465 кГц.

При налаживании генератора подбирают сопротивления резисторов R_3 и R_4 до получения устойчивой генерации на высоких и

низких частотах, а также настраивают контур L_2C_5 на требуемую частоту. Работоспособность генератора может быть проверена при помощи радиовещательного приемника, имеющего диапазон средних волн и вход звукоснимателя. Первоначально выход генератора подключают ко входу звукоснимателя и путем подбора сопротивлений резисторов R_3 и R_4 добиваются громкого и чистого звучания. При этом коллекторные токи обоих транзисторов должны быть равны. Частоту НЧ колебаний можно корректировать, изменяя емкости конденсаторов C_2 и C_3.

После окончания налаживания НЧ части генератора настраивают контур L_2C_5, для чего выход генератора подключают к антенному входу приемника, настроенного на вторую или третью гармонику частоты генератора ПЧ, т. е. $2\times465=930$ кГц или $3\times465=$ $=1395$ кГц, соответствующие длинам волн 322 м и 215 м. При нормальной работе генератора ПЧ в приемнике должно быть слышно сильное гудение, которое достигает максимума громкости при некотором определенном положении подстроечного сердечника катушки индуктивности L_2. Этот максимум и будет соответствовать точной настройке генератора на частоту 465 кГц.

Если генерация на промежуточной частоте отсутствует, то необходимо проверить правильность присоединения выводов катушек индуктивности. При намотке катушек в одну сторону начала обмоток должны быть включены так, как показано на рис. 83, где они обозначены точками.

Генератор сигналов коротковолновика-наблюдателя. К приемникам, которыми пользуются радиолюбители коротковолновики-наблюдатели, предъявляются высокие требования по точности и стабильности разметки шкалы настройки. Поэтому необходимо периодически контролировать и корректировать разметку шкалы при помощи специальных генераторов стандартных сигналов, например генератора, собранного по принципиальной схеме, представленной на рис. 84. Этот генератор выполнен всего на двух транзисторах и генерирует сетки модулированных частот, кратных 1 МГц или 100 кГц. С первой сетки на вторую переходят, пользуясь переключателем B_1. На транзисторе T_1 в приборе собран автогенератор, частота которого в зависимости от диапазона стабилизирована кварцами $ПЭ_1$ на частоте 1 МГц или $ПЭ_2$ на частоте 100 кГц. Колебаний автогенератора модулируются по амплитуде при помощи генератора НЧ, собранного на транзисторе T_2. Выходное высокочастотное амплитудно-модулированное напряжение снимается с коллектора транзистора T_1 и через разделительный конденсатор C_7 подается на гнездо $Гн_1$ «Выход». К этому гнезду присоединена небольшая антенна в виде металлического штыря длиной около 40 см. Прибор с антенной размещают вблизи антенного входа контролируемого приемника. При этом излучаемой им мощности оказывается достаточно для уверенного приема его сигналов на всех диапазонах коротких волн.

Когда переключатель B_1 прибора находится в положении «1 МГц», можно контролировать точность разметки шкалы приемника на частотах, кратных целому числу мегагерц: 7,0 МГц, 14,0 МГц и т. д. В положении переключателя B_1 «0,1 МГц» можно проверять точность разметки шкалы через каждую десятую долю мегагерца, например 14,1; 14,2; 14,3 МГц и т. д.

Для изготовления такого генератора в американском журнале, поместившем описание этой конструкции, рекомендуется использовать стандартные кварцевые резонаторы, постоянные резисторы мощностью 0,5 Вт, керамические и пленочные конденсаторы, кремниевые транзисторы, германиевый диод и батарею питания от карманного приемника. Индуктивность катушки L_1 должна быть такой, чтобы ее можно было регулировать подстроечным сердечником в пределах 60—140 мкГ, L_2 — 810—860 мкГ. Корпус прибора делают из металла. Это необходимо для устранения неконтроли-

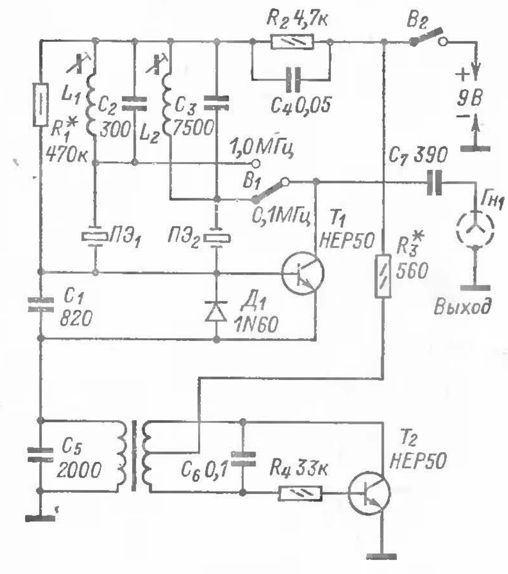


Рис. 84.

руемого излучения прибора и предохранения его от внешних воздействий.

При налаживании генератора подбирают такое сопротивление резистора R_1, при котором устанавливается устойчивая генерация на обоих диапазонах, и такое сопротивление резистора R_3, при котором форма НЧ колебаний будет наилучшей. Диапазон перекрываемых частот регулируют, подстраивая сердечники катушек индуктивности. От их положения зависит также форма генерируемых ВЧ колебаний, определяющая число гармоник основной частоты.

В приборе можно применить отечественные транзисторы КТ312 или КТ315 с любыми буквенными индексами, диод $Д_1$ типа Д18 или Д20, Д9В, трансформатор $Тр_1$ от любого карманного приемника или из набора деталей для сборки такого приемника. Конденсаторы C_4 и C_6 должны быть бумажными, типа МБМ на напряжение 160 В, все остальные керамические КТ-1а и КЛС-Е. Источником питания может служить батарея «Крона-ВЦ».

Универсальный гетеродинный индикатор резонанса. Для налаживания и контроля коротковолновой и ультракоротковолновой ап-

паратуры широко применяются гетеродинные индикаторы резонанса (ГИР), которые представляют собой автогенераторы колебаний высокой частоты со сменными катушками индуктивности резонансного контура, устанавливаемыми на внешней поверхности корпуса. Такие приборы снабжают стрелочными индикаторами настройки, минимум показаний которых соответствует точному совпадению частот ГИР и измеряемого резонансного контура, находящегося рядом со сменным контуром прибора. Далее по шкале индикатора ГИР нетрудно определить точное значение резонансной частоты измеряемого контура.

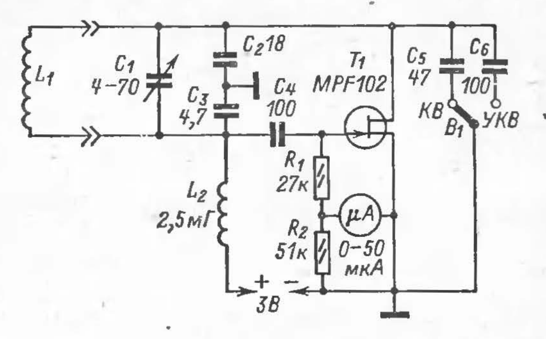


Рис. 85.

На рис. 85 приведена принципиальная схема простого ГИР, комплект сменных катушек которого позволяет работать в четырех диапазонах КВ и УКВ с полосами частот 4—8 МГц, 8—16 МГц, 16—32 МГц, 40—80 МГц. Шкалу частот ГИР калибруют в точках 4,0, 5,0, 6,0, 7,0 и 8,0 МГц. На всех остальных диапазонах используется та же шкала, но цена делений увеличивается соответственно в 2, 4 и 10 раз. Описание прибора было опубликовано в одном из американских радиожурналов.

Автогенератор ГИР собран по трехточечной схеме с емкостной обратной связью на полевом транзисторе T_1. Его частота плавно перестраивается по диапазону при помощи конденсатора переменной емкости C_1 с воздушным диэлектриком. Сменные контурные катушки L_1 наматывают на отдельных цилиндрических каркасах из полистирола с внешним диаметром 12 мм проводом ПЭВ-1 0,4. Для удобства смены катушек их каркасы снабжены двумя штыревыми контактами, которые вставляются в гнезда на корпусе прибора. Моточные данные катушек L_1 для различных диапазонов приведены в табл. 10. Для повышения устойчивости генерации в широком диапазоне частот введен дополнительный переключатель B_1, с помощью которого коммутируются конденсаторы C_5 и C_6, корректирующие работу прибора на КВ или УКВ.

Индикатором настройки прибора является микроамперметр на ток 50 мкА, который включен в цепь затвора транзистора параллельно резистору R_2. При наличии генерации прибор должен показывать ток 30—40 мкА. Если вблизи катушки L_1 (на расстоянии до 10 см) будет находиться контур приемника или передатчика, на-

Таблица 10

Условное обозначение катушки индуктивности	Диапазон перекрываемых частот, МГц	Количество витков
A	4,0—8,0	61
B	8,0—16,0	20
C	16,0—32,0	9
D	40,0—80,0	4

строенного на частоту ГИР, то показания микроамперметра должны уменьшиться.

Универсальность этого ГИР заключается в том, что он может работать также в качестве высокостабильного генератора, если катушку L_1 заменить кварцем. Каких-либо дополнительных переделок при этом не требуется.

Для изготовления универсального ГИР может быть использован отечественный полевой транзистор типа КП302 или КП303 с любым буквенным индексом. Корпус прибора с внешними размерами 40×50×100 мм рекомендуется делать из алюминия. Шкалу изготовляют в виде круга диаметром 50 мм и наклеивают на картонный диск толщиной 3 мм.

23. ВОЛЬТМЕТРЫ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

На рис. 86 приведена принципиальная схема простого транзисторного вольтметра постоянного тока с входным сопротивлением около 100 кОм/В и диапазоном измерений от 0 до 1000 В в семи

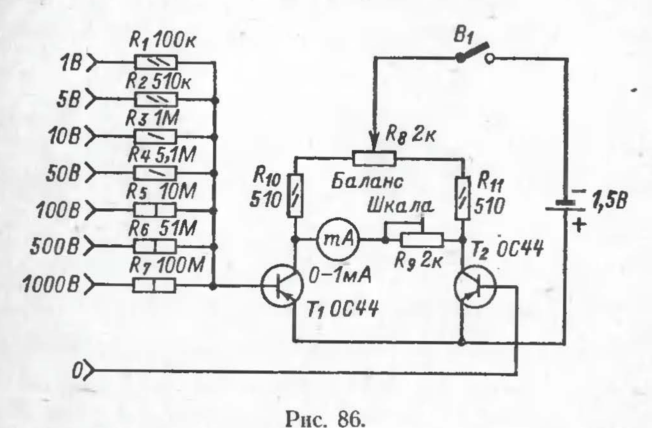


Рис. 86.

поддиапазонах: 0—1; 0—5, 0—10; 0—50; 0—100; 0—500 и 0—1000 В. Такой прибор может оказаться полезным при измерении режимов работы транзисторных и ламповых усилительных каскадов. Прибор питается от одного гальванического элемента напряжением 1,5 В. Он описан в журнале бразильских радиолюбителей.

Налаживание прибора несложно. Сначала при разомкнутом входе при помощи переменного резистора R_8 устанавливают стрелку миллиамперметра прибора на нуль. Затем калибруют шкалы. Для этого вход вольтметра подключают к источнику эталонного напряжения, например к полюсам внешней гальванической батареи, вставляют щупы прибора во входные гнезда «0» и соответствующего предела измерения и, подстраивая переменный резистор R_9, добиваются показания вольтметра, соответствующего напряжению эталонной батареи. Для того чтобы можно было калибровать прибор только лишь на одной шкале, сопротивления резисторов R_1—

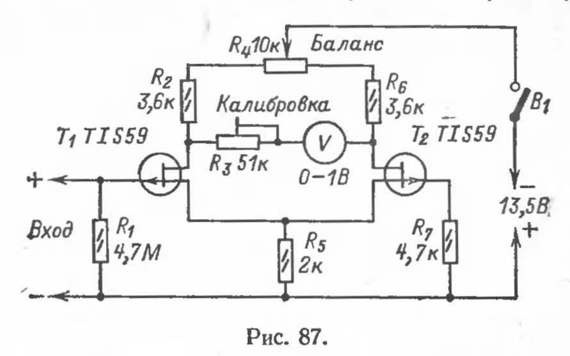


Рис. 87.

R_7 должны быть подобраны очень точно (с допуском не выше 1—2%).

Для изготовления вольтметра можно использовать транзисторы типа ГТ108 или МП41, МП42 с любыми буквенными индексами, но обязательно с одинаковыми значениями $В_{ст}=50\div80$, миллиамперметр на ток 0—1 мА. Источником питания может быть один элемент 316 или 343, 373.

В процессе эксплуатации следует помнить, что большое входное сопротивление данного вольтметра достигнуто ввиду применения усилителя постоянного тока на транзисторах, параметры которых сильно зависят от окружающей температуры. Поэтому перед проведением измерений необходимо тщательно устанавливать стрелку прибора на нуль, а при повышенной окружающей температуре дополнительно калибровать его шкалы. Это является недостатком описанного вольтметра по сравнению с обычными авометрами.

Значительно большей стабильностью обладают вольтметры, в которых усилитель постоянного тока выполнен на полевых транзисторах. На рис. 87 приведена принципиальная схема вольтметра постоянного тока для измерения напряжений от 0 до 1 В, собранного на двух полевых транзисторах. Входное сопротивление прибора около 4 МОм. Такой прибор может оказаться очень полезным при измерении постоянного напряжения в базовых цепях транзисторных каскадов приемников и усилителей, как это рекомендовано в его описании.

В этом вольтметре могут быть применены полевые транзисторы типа КП102Е и КП103К. В качестве источника питания можно использовать три последовательно соединенные батареи 3336Л. В слу-

чае необходимости напряжение питания можно понизить до 9 В. Для измерения больших напряжений, например, в пределах 0—10 В или 0—100 В следует устанавливать внешние высокоомные делители напряжения с коэффициентом деления 10:1 или 100:1.

Милливольтметр с высокоомным входом. Обычно радиолюбители измеряют напряжение переменного тока авометром, входное сопротивление которого невысоко. Лучшие результаты можно получить с помощью стандартных милливольтметров, позволяющих измерять очень малые напряжения НЧ, исчисляемые милливольтами. Авометр в лучшем случае может измерить 0,1 В.

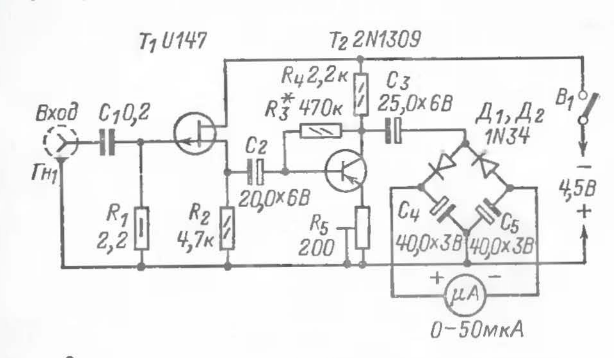


Рис. 88.

На рис. 88 представлена принципиальная схема простого низкочастотного милливольтметра с входным сопротивлением около 2 МОм. Полное отклонение стрелки измерительного прибора соответствует входному напряжению от 15 до 100 мВ. Питание вольтметра осуществляется от батареи напряжением 4,5 В. Такие хорошие результаты могли быть получены лишь только потому, что на входе усилителя НЧ этого прибора включен полевой транзистор.

Согласно схеме (рис. 88), опубликованной в одном из американских радиожурналов, милливольтметр содержит истоковый повторитель на полевом транзисторе T_1, усилитель напряжения на транзисторе T_2, включенном по схеме с общим эмиттером, и двухполупериодный выпрямитель напряжения сигнала, нагруженный измерителем тока — микроамперметром. Усиление сигнала до выпрямителя, а следовательно, чувствительность прибора регулируется переменным резистором R_5. При этом если движок переменного резистора находится в нижнем по схеме положении, то чувствительность милливольтметра составляет 100 мВ. Диапазон измерений этого прибора может быть значительно расширен при включении на его входе дополнительного делителя напряжения измеряемого сигнала. В этом случае можно получить многопредельный измерительный прибор с входным сопротивлением более 10 МОм.

Милливольтметр можно изготовить, применяя транзисторы КП103Ж или КП103Л (T_1) и МП41А (T_2), а также диоды Д9В—Д9Е ($Д_1$, $Д_2$). Источником питания может служить батарея 3336Л. Во избежание внешних наводок желательно разместить детали милливольтметра в металлическом корпусе.

Милливольтметр с линейной шкалой. Недостатком большинства авометров и милливольтметров переменного тока (в том числе и описанного выше) является неравномерность шкалы вблизи нуля, что обусловлено нелинейностью коэффициента передачи диодного выпрямителя при малом сигнале. Известны различные способы линеаризации шкалы таких приборов, но они в большинстве своем сложны для радиолюбительских конструкций. В этом отношении отличается простотой и надежностью работы вольтметр переменного тока, описанный на страницах английского радиолюбительского журнала, принципиальная схема которого приведена на рис. 89.

Этот вольтметр состоит из мостового выпрямителя на диодах $Д_1$—$Д_4$, одна диагональ которого нагружена миллиамперметром со шкалой 0—500 мкА и внутренним сопротивлением 500 Ом, а другая включена между коллектором и базой усилительного каскада, собранного на транзисторе T_1, включенном по схеме с общим эмиттером. В других аналогичных вольтметрах вторая диагональ включается между коллектором и эмиттером. Не допущена ли здесь ошибка? Нет. В этом приборе через последовательно соединенные мостовой выпрямитель и конденсатор C_2 возникает нелинейная отрицательная обратная связь по току с коллектора на базу транзистора T_1. Так как при малом напряжении сигнала ток через диоды также мал, то действие отрицательной обратной связи будет незначительным, а усиление, даваемое каскадом, велико (60—100). По мере увеличения напряжения сигнала проводимость диодов возрастает, и вместе с ней возрастает ток отрицательной обратной связи, а это уменьшает усиление каскада. И чем больше сигнал на входе, тем меньше усиливается сигнал до выпрямителя. В результате начальный участок шкалы вольтметра выравнивается (линеаризуется), и показания вольтметра могут полностью совпадать с делениями шкалы микроамперметра. Максимальное значение измеряемого этим прибором переменного напряжения численно равно отношению максимального показания микроамперметра, деленному на сопротивление резистора R_3 в килоомах. Например, при указанном на схеме рис. 89 сопротивлении резистора R_3 вольтметр может измерять переменное напряжение в пределах 0—5 В.

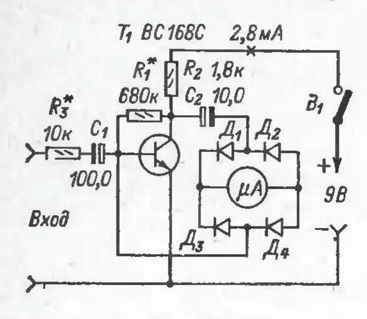


Рис. 89.

При изготовлении данного вольтметра рекомендуется применять транзистор типа КТ315Г с $B_{ст}=80\div120$. Величину постоянного тока, протекающего в коллекторной цепи транзистора, регулируют, подбирая сопротивление резистора R_1. Диоды могут быть типа Д18 или Д20, Д9Д, Д9И. При указанных на рис. 89 емкостях конденсаторов вольтметр может измерять напряжение в полосе частот от 20 Гц до 600 кГц. Для питания прибора используют батарею «Крона-ВЦ» или две последовательно соединенные батареи 3336Л.

24. ИЗМЕРИТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ, ЕМКОСТИ И ЧАСТОТЫ

В отечественной радиолюбительской литературе описано большое число различных конструкций измерителей параметров транзисторов, резисторов, конденсаторов и других радиоэлементов. Эти приборы по своим данным не только не уступают зарубежным радиолюбительским конструкциям, но по ряду характеристик и возможностям превосходят их. Поэтому подобных приборов, которые могли бы заинтересовать советского читателя, мало. В данном параграфе будет рассказано лишь о простых и оригинальных приборах, имеющих большое практическое значение в творчестве любителей.

Килоомметр. Обычные авометры измеряют сопротивление постоянных и переменных резисторов с погрешностью, которая растет с увеличением сопротивления. Практически измерять сопротивление более 100 кОм очень трудно. В этом отношении лучших результатов можно достичь, используя самодельный килоомметр, специально предназначенный для точного измерения сопротивлений высокоомных резисторов. Прибор, схема которого приведена на рис. 90, *а*, был описан в одном из журналов радиолюбителей ГДР. Он рассчитан для измерения сопротивлений резисторов в пределах от 3 кОм до 1 МОм, как это видно из рис. 90, *б*, где изображена шкала этого прибора.

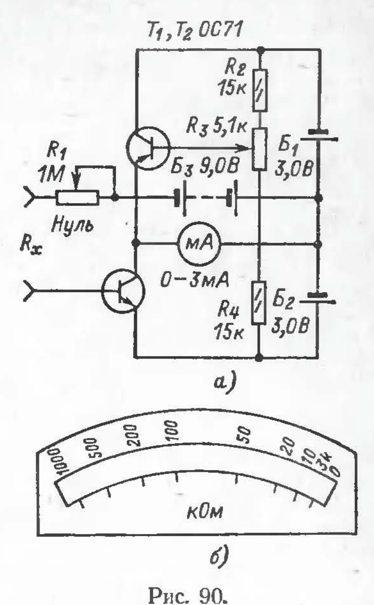


Рис. 90.

Килоомметр состоит из балансного усилителя постоянного тока на транзисторах T_1 и T_2, которые питаются от двух батарей $Б_1$ и $Б_2$, напряжением по 3 В каждая. Для измерения сопротивлений используется отдельная батарея ($Б_3$) напряжением 9 В, включенная между общей точкой батарей $Б_1$ и $Б_2$ и резистором R_1. Измеряемый резистор подключают к клеммам R_x. «Нуль» прибора устанавливают переменным резистором R_1 при замкнутом накоротко входе прибора. Усилитель постоянного тока балансируют переменным резистором R_3 при разомкнутом входе прибора, добиваясь, чтобы ток через миллиамперметр был равен нулю. Калибровать шкалу рекомендуется после повторения описанных выше операций 2—3 раза с помощью дополнительных резисторов, сопротивление которых известно с погрешностью 1—2%.

Измеритель емкости конденсаторов с линейной шкалой. Конденсаторы постоянной емкости, которыми обычно пользуются радиолюбители, могут иметь разброс до ±10—20%, а иногда и более. Для измерения точного значения емкости конденсатора используют

специальные приборы. Наиболее удобными из них являются те, у которых отсчет измерений производится по линейной шкале. На рис. 91 дана принципиальная схема простого измерителя емкости конденсаторов с линейной шкалой в шести поддиапазонах измерения: 0—10 пФ, 0—100 пФ, 0—1000 пФ, 0—0,01 мкФ, 0—0,1 мкФ, 0—1,0 мкФ. В качестве индикатора используется микроамперметр со шкалой 0—100 мкА, которая полностью совпадает со шкалой емкостей.

Измеритель включает в себя задающий релаксационный генератор на транзисторах T_1 и T_2, частота которого зависит от емкостей конденсаторов C_1—C_6, соединенных с переключателем $B_{1а}$, усилитель напряжения на транзисторах T_3 и T_4, а также выпрямитель на диоде $Д_1$, параллельно которому подключен стрелочный измеритель тока. Измеряемый конденсатор присоединяют к клеммам C_x. Шкалу прибора калибруют, подключая при помощи переключателя $B_{1б}$ к клеммам C_x на каждом поддиапазоне один из шести высокоточных конденсаторов C_7—C_{12}. Режим работы прибора выбирают переключателем B_2.

Рис. 91.

Работа измерителя основана на том, что при определенном соотношении емкости измеряемого конденсатора C_x и частоты импульсного напряжения, подаваемого через этот конденсатор на диод $Д_1$, постоянное напряжение на последнем будет прямо пропорционально емкости конденсатора C_x. Поэтому в зависимости от поддиапазона, в котором работает прибор, нужно изменять частоту генератора, для чего служит переключатель $B_{1а}$. Шкалу на каждом поддиапазоне корректируют переменным резистором R_1 при положении переключателя B_2 «Калибровка».

В американском журнале, где помещено описание прибора, рекомендуется применять в нем кремниевые транзисторы. Здесь подойдут отечественные транзисторы КТ312 или КТ315 с любыми буквенными индексами, имеющие $B_{ст}=20\div120$ (T_1, T_3, T_4), а также МП116 (T_2), диод $Д_1$ типа Д18 или Д20, в крайнем случае Д9И. В качестве источника питания можно использовать две последовательно соединенные батареи 3336Л. Желательно, чтобы транзистор T_1 имел $B_{ст}=100$ и более.

Высокоточный измеритель емкостей. В процессе налаживания многодиапазонных коротковолновых приемников и разного рода другой коротковолновой и ультракоротковолновой аппаратуры радиолюбителю необходимо бывает очень точно подобрать конденсатор с требуемой емкостью, порой с точностью до 1—2 пФ.

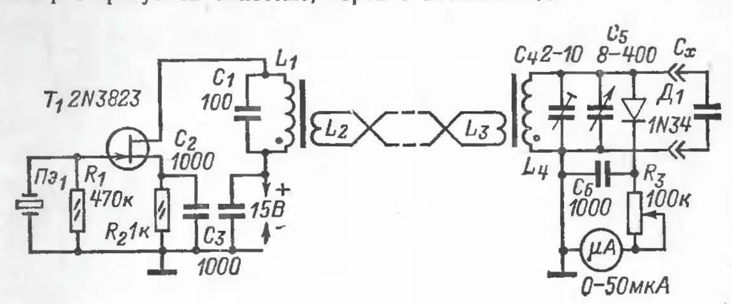


Рис. 92.

На рис. 92 представлена принципиальная схема несложного высокоточного измерителя емкостей конденсаторов, который был разработан и описан югославским радиолюбителем. Прибор может измерять емкость конденсаторов от 0,1 до 400 пФ. Повышенная точность измерения достигнута путем применения метода измерения замещением и использованием двух переменных калиброванных конденсаторов, один из них малой емкости (C_4), другой — большой емкости (C_5).

Работает измеритель следующим образом. Автогенератор на полевом транзисторе T_1 генерирует высокочастотные колебания, частота которых стабилизирована кварцевым резонатором $Пэ_1$ с резонансной частотой около 1 МГц. На эту частоту настроен резонансный контур L_1C_1, включенный в цепь стока транзистора T_1. С помощью катушек связи L_2 и L_3 ВЧ напряжение вводится в резонансный контур $L_4C_4C_5$, соединенный с диодным выпрямителем (диод $Д_1$), нагрузкой которого является микроамперметр, соединенный последовательно с переменным резистором R_3. Индуктивность катушки L_4 выбрана такой, чтобы на частоте настройки, совпадающей с частотой автогенератора, максимум показаний микроамперметра наблюдался при наивысшей или близкой к ней емкости конденсаторов C_4 и C_5.

При подключении к клеммам C_x конденсатора, емкость которого должна быть измерена, резонансная частота контура $L_4C_4C_5$ уменьшится и показания измерителя изменятся. Для получения вновь настройки этого контура в резонанс с частотой генератора необходимо уменьшить емкость конденсаторов C_4 и C_5 (первым производится точная, а вторым — грубая настройка). Если такие

операции предварительно произвести с конденсаторами, емкость которых известна точно, и соответствующим образом прокалибровать шкалы конденсаторов C_4 и C_5, то в дальнейшем по разности показаний на этих шкалах до и после подключения измеряемого конденсатора можно определить точное значение его емкости.

По данным первоисточника, катушка индуктивности L_1 должна иметь индуктивность 250 мкГ, L_4 — 60 мкГ. Катушки связи L_2 и L_3 содержат по два витка, наматываемых вблизи начальных выводов катушек L_1 и L_4, обозначенных на рис. 92 точками, на тех же каркасах. В приборе можно использовать полевые транзисторы КП302,

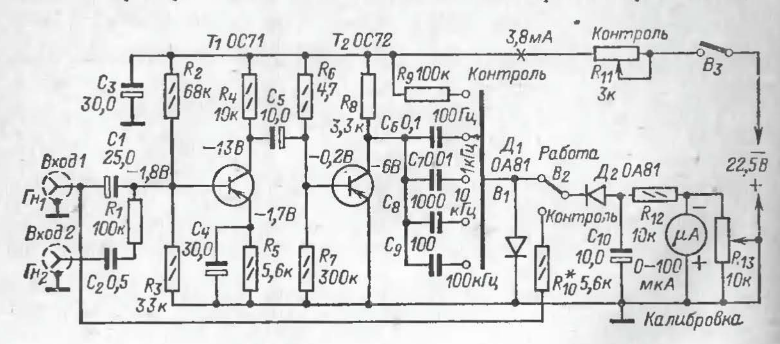


Рис. 93.

КП303 с любым буквенным индексом, диод $Д_1$ типа Д9Б—Д9Д. Конструкция прибора должна обеспечивать отсутствие паразитных связей между обоими резонансными контурами.

Частотомер с линейной шкалой. В любительской практике может найти широкое применение относительно простой измеритель частоты НЧ колебаний, работающий в трех поддиапазонах частот: 0—1 кГц, 0—10 кГц, 0—100 кГц. Практически с помощью данного прибора, принципиальная схема которого приведена на рис. 93, можно измерять с достаточно высокой точностью частоты гармонических колебаний в диапазоне от 10 Гц до 100 кГц, т. е. практически во всем диапазоне частот, используемых при испытании, проверке и налаживании высококачественных электроакустических, электромузыкальных и цветоакустических установок. Для нормальной работы частотомера требуется входное напряжение от 0,4 В и более.

Частотомер работает следующим образом. Напряжение исследуемого сигнала подается на один из двух входов прибора: слабое — на *Вход 1*, сильное — на *Вход 2*. Далее сигнал усиливается до напряжения 5 В с помощью усилителя-ограничителя, собранного на транзисторах T_1 и T_2. Выходное напряжение с коллектора транзистора T_2 через один из конденсаторов C_6—C_9 и переключатель поддиапазонов B_1 поступает на анод диода $Д_1$, катод которого соединен с общим приводом питания. Конденсаторы C_6—C_9, через которые проходит выходной ток транзистора T_2, периодически заряжаются через диод $Д_1$, а разряжаются через последовательно соединенные диод $Д_2$, резистор R_{12} и микроамперметр, зашунтированный резистором R_{13}. При этом значение тока, протекающего через микроамперметр, прямо пропорционально произведению измеряемой частоты на емкость конденсатора, подключенного к коллектору транзистора T_2. Таким образом, увеличивая или уменьшая емкость этого конденсатора в 10 или 100 раз, можно во столько же раз менять частоты измерений.

Для обеспечения требуемой точности измерений прибор содержит ряд регулировочных и калибровочных органов. С помощью переключателя B_2 и резистора R_{10} калибруется шкала прибора. Для этого на *Вход 1* подают постоянное напряжение 5 В в отрицательной полярности и добиваются полного отклонения стрелки микроамперметра, сначала подбирая сопротивление резистора R_{10}, а затем вращая ползунок переменного резистора R_{13}. Шкала частот измерителя при этом будет совпадать со шкалой микроамперметра.

Перед проведением измерений контролируют правильность показаний прибора. Для этого на один из входов частотомера подается напряжение сигнала известной частоты, например 50 Гц от сети. Переключатель B_1 при этом должен находиться в положении «0—100 Гц». Если стрелка микроамперметра остановится на цифре 50, можно продолжать измерения. В противном случае при помощи переменного резистора R_{11} добиваются правильного положения стрелки.

Для изготовления описанного прибора можно использовать транзисторы МП41А и МП42Б, а также диоды Д9Б—Д9Е или Д18, Д20.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ЗАРУБЕЖНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

1. **Система Объединенного Технического Совета по электронным приборам США (JEDEC);** называется также Североамериканской системой. Первые два индекса указывают тип полупроводникового прибора: 1N — диод, 2N — транзистор. Далее следует многозначный порядковый номер, под которым зарегистрирован прибор в Ассоциации предприятий электронной промышленности (EIA). Приставка JAN или J указывает, что прибор применяется в специальной аппаратуре. Система распространена в США, Канаде, Западной Европе и в Японии.

2. **Система Международной Ассоциации электронной промышленности Pro Electron** — распространена в Западной Европе и в Японии. Условное обозначение имеет пятизначный или шестизначный буквенно-цифровой индекс. Первые знаки — буквы, указывают предназначение, материал, из которого делается прибор, и его регистрационный номер. Структура условного обозначения следующая. Первая буква обозначает материал прибора, а именно: А — германий; В — кремний; С — арсенид галлия. Вторая буква означает: А — детекторный диод; В — варикап; С — низкочастотный транзистор малой мощности; D — низкочастотный транзистор большой мощно-

сти; F — высокочастотный транзистор малой мощности; L — высокочастотный транзистор большой мощности; Р — фотодиод или фототранзистор; Z — стабилитрон.

Приборы широкого применения имеют последующий трехзначный порядковый регистрационный номер. Приборы специального назначения имеют третью букву Z или Y, X и двузначный порядковый регистрационный номер. После цифровых индексов могут стоять дополнительные буквенные индексы (обычно буквы К или Р), означающие приборы, специально подобранные для работы в двухтактных оконечных каскадах.

3. **Старая Европейская система**. Первый индекс — буква О означает, что прибор полупроводниковый. Последующие буквы указывают назначение прибора: А — диод, АР — фотодиод; Z — стабилитрон, С — транзистор, СР — фототранзистор; RP — фототранзистор. Последующий цифровой индекс указывает порядковый регистрационный номер.

4. **Японская национальная система**. Первые два индекса раскрывают тип прибора: 1S — диод, 2S — транзистор. Последующая буква указывает основные свойства транзистора: А — высокочастотный *p-n-p*; В — низкочастотный *p-n-p*; С — высокочастотный *n-p-n*; D — низкочастотный *n-p-n*; F — тиристор.

Распространена в Японии.

5. **Система фирмы Mistral**. Распространена во Франции, Румынии, Болгарии. Первые два индекса обозначают полупроводниковый прибор — SF. Следующая буква обозначает три прибора; D — диод, Т — транзистор, Р — мощный диод. Цифровой трехзначный номер указывает порядковый регистрационный номер прибора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Белов И. Ф., Дрызго Е. В.** Справочник по транзисторным радиоприемникам. М., «Советское радио», 1973.
2. **Галеев Б. М., Андреев С. А.** Принципы конструирования цветомузыкальных устройств. М., «Энергия», 1973.
3. **Ерофеева И. А.** Импульсные устройства на однопереходных транзисторах. М., «Энергия», 1974.
4. **Медведовский Д. С., Гузевич О. Н.** Электрогитара и усилитель. Л., «Энергия», 1974.
5. **Фурдуев В. В.** Стереофония и многоканальные звуковые системы. М., «Энергия», 1973.
6. **Шифман Д. Х.** Громкоговорители. М., «Энергия», 1965.

ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ ВАСИЛЬЕВ

Зарубежные радиолюбительские конструкции

Редактор В. Ф. Костиков
Редактор издательства Г. Н. Астафуров
Обложка художника А. А. Иванова
Технический редактор М. Г. Юханова
Корректор А. К. Улегова

ИБ № 531

Сдано в набор 14/VI 1976 г. Подписано к печати 7/XII 1976 г. Т-20372
Формат 84×108[1]/32 Бумага типографская № 3 Усл. печ. л. 6,30
Уч.-изд. л. 8,37 Тираж 150 000 экз. Зак. 620. Цена 33 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
600610, гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

Цена 33 коп.